MINISTÈRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES

EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DE 1900
À PARIS

RAPPORTS
DU JURY INTERNATIONAL

Groupe XI. — Mines et Métallurgie

QUATRIÈME PARTIE. — CLASSES 64 ET 65

PARIS
IMPRIMERIE NATIONALE

M CMIII

C. F. E.

RAPPORTS DU JURY INTERNATIONAL

DE

L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

MINISTÈRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES

EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DE 1900
À PARIS

RAPPORTS
DU JURY INTERNATIONAL

Groupe XI. — Mines et Métallurgie

QUATRIÈME PARTIE. — CLASSES 64 ET 65

PARIS
IMPRIMERIE NATIONALE

M CMIII

Fb 257
COMITÉ FRANÇAIS
BIBLIOTHÈQUE

CLASSE 64

Grosse métallurgie

RAPPORT DU JURY INTERNATIONAL

PAR

M. ARTHUR LODIN

INGÉNIEUR EN CHEF AU CORPS DES MINES
PROFESSEUR DU COURS DE MÉTALLURGIE À L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES

IMPRIMERIE NATIONALE.

COMPOSITION DU JURY.

BUREAU.

MM. de Nervo (le baron Robert), président de la Société anonyme des ateliers et chantiers de la Loire, des hauts fourneaux, forges et aciéries de Denain et d'Anzin, vice-président de la commission de direction du Comité des forges de France, membre du Conseil d'administration de la Société anonyme des hauts fourneaux, forges et aciéries du Saut-du-Tarn (président des comités), *président* ..... France.

Tchernoff (Dimitry), ingénieur, professeur à l'Académie d'artillerie de Saint-Pétersbourg, *vice-président* ..... Russie.

Lodin (Arthur), ingénieur en chef au corps des mines, professeur du cours de métallurgie à l'École nationale supérieure des mines (comités, jury, Paris 1889; comités, Paris 1900), *rapporteur* ..... France.

Arbel (Pierre), maître de forges, administrateur délégué des établissements Arbel à Rive-de-Gier et des Forges de Douai (grand prix, Paris 1889; comités, Paris 1900), *secrétaire* ..... France.

JURÉS TITULAIRES FRANÇAIS.

MM. Barthe (Émile), délégué général de la Société métallurgique du Périgord. France.

de Boischevalier (Eugène), ingénieur des arts et manufactures, président du Conseil d'administration de la Société anonyme des forges et fonderies de Montataire, vice-président du Conseil d'administration de la Compagnie des chemins de fer de l'Est (comités, Paris 1900) ..... France.

Brustlein (Aimé), directeur technique des aciéries Jacob Holtzer et Cie d'Unieux [Loire] (comités, Paris 1900), membre de la Commission des méthodes d'essai des matériaux au Ministère des travaux publics ..... France.

Capitain-Gény (Edmond), conseiller général de la Haute-Marne, maître de forges, propriétaire exploitant des hauts fourneaux, fonderies et ateliers de construction de Bussy (comité d'admission, Paris 1900) ..... France.

Chappée (Armand), fondeur constructeur [maison Chappée et fils] (grand prix, Paris 1889; comité d'admission, Paris 1900) ..... France.

Le Verrier (Urbain), ingénieur en chef au corps des mines, professeur à l'École nationale supérieure des mines et au Conservatoire national des arts et métiers (comités, Paris 1900) ..... France.

Lévy (Léon), ingénieur en chef au corps des mines, directeur de la Compagnie des forges de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons (grand prix, médaille d'or, Paris 1889) ..... France.

Maneuvrier (Édouard), sous-directeur général de la Société anonyme des mines et fonderies de zinc de la Vieille-Montagne, président du Conseil d'administration de la Société anonyme des houillères et chemins de fer d'Épinac, vice-président de la Chambre syndicale des métaux (comités, Paris 1900) ..... France.

MM. Mesureur (Jules), administrateur de la Société industrielle du platine (jury, Paris 1889; vice-président des comités, Paris 1900), président de l'Association des anciens élèves des écoles nationales d'arts et métiers, membre de la Chambre de commerce de Paris..... France.

Pinget (Henri), secrétaire du Comité des forges de France (secrétaire des comités, Paris 1900)..... France.

Vésier (Georges), ingénieur des arts et manufactures, président et administrateur délégué de la Compagnie française des métaux..... France.

JURÉS TITULAIRES ÉTRANGERS.

MM. H. Hovine (D.), ingénieur, à Marchiennes-au-Pont..... Belgique.

Howe (Henry M.), professeur de métallurgie à la Columbia University (jury, Paris 1889)..... États-Unis.

Sir Roberts-Austen (W.-C.), K. C. B., docteur ès sciences, professeur de métallurgie, à Londres..... Grande-Bretagne.

MM. de Graenzenstein (Béla), ingénieur des mines, secrétaire d'État au Ministère des finances, député, à Buda-Pesth..... Hongrie.

Scalini (le docteur Henry), député, à Como, près Milan..... Italie.

Metz (Émile), ancien député, gérant de la Société des forges d'Eich (Metz et Cie), président de la Chambre de commerce du grand-duché de Luxembourg..... Luxembourg.

Kournakoff (Nicolas), professeur à l'Institut des mines, à Saint-Pétersbourg..... Russie.

Dahlerus (Gust), ingénieur, à Stockholm..... Suède.

JURÉ SUPPLÉANT FRANÇAIS.

M. Raty (Fernand), ingénieur des arts et manufactures, administrateur, directeur général de la Société des hauts fourneaux, fonderies, laminoirs et ateliers de construction de Maubeuge (trésorier des comités, Paris 1900), à Maubeuge..... France.

JURÉS SUPPLÉANTS ÉTRANGERS.

MM. Faria (Garcia), architecte, ingénieur des ponts et chaussées..... Espagne.

Bauerman (H.), professeur de métallurgie, à Londres..... Grande-Bretagne.

GROSSE MÉTALLURGIE.

L'exposé que nous allons présenter de l'état de l'industrie métallurgique dans le monde civilisé à la fin du XIXe siècle, tel que l'Exposition de 1900 permettait de l'apprécier, est une œuvre d'une étendue considérable et d'une complexité inévitable. Pour atténuer, dans la mesure du possible, les inconvénients inhérents à cette complexité, nous croyons devoir fournir d'abord quelques indications sur le programme que nous avons adopté.

Une méthode purement géographique, c'est-à-dire consistant à exposer l'état de la métallurgie dans chaque contrée déterminée, donnerait lieu à d'interminables redites. Inversement, un simple tableau des progrès de la métallurgie depuis 1889 ne conserverait aucune trace de l'importance des diverses expositions individuelles. Cette manière de procéder serait mieux appropriée à la rédaction d'une revue scientifique publiée à l'occasion de l'Exposition de 1900 qu'à celle du rapport d'un des Jurys de classe de cette exposition.

Pour les métaux d'importance secondaire, la question n'était pas difficile à résoudre; l'étendue modérée du chapitre concernant chacun d'eux permettait d'être complet tout en restant suffisamment clair. L'exposé des formules métallurgiques nouvelles pouvait également trouver place dans des chapitres spéciaux. Les difficultés sérieuses se rencontraient du côté de la sidérurgie qui constituait l'élément de beaucoup le plus important de la Classe 64.

Non seulement le nombre des usines se rattachant à cette catégorie était bien supérieur à celui de toutes les autres, mais encore la variété de leurs produits et de leurs méthodes de fabrication risquait de rendre la description d'un pareil ensemble passablement obscure. Un exposé méthodique aurait pu être établi assez facilement si les usines étaient spécialisées chacune dans une fabrication bien déterminée, correspondant à un chapitre unique. Il n'en est rien : un grand nombre d'établissements réunissent les spécialités les plus variées et, pour livrer au commerce des produits variés, d'élaboration compliquée, pratiquent toute la série des opérations sidérurgiques, à partir du traitement du minerai.

Il y aurait des inconvénients graves à diviser systématiquement leur description entre les divers chapitres traitant des fabrications spéciales; on n'arriverait pas ainsi à faire ressortir l'importance individuelle de chaque établissement et la connexion qui existe souvent entre ses diverses fabrications. D'autre part, la description pure et simple des usines, dans un ordre arbitraire, rendrait difficiles les comparaisons entre les modes divers d'application d'une même formule générale. Pour échapper à cette antinomie, il nous a paru convenable de commencer par une étude générale de l'industrie sidérur-

gique dans les divers pays, d'après les données fournies par leurs expositions, données complétées parfois au moyen de documents de provenances diverses.

Cette étude générale, à la fois technique et économique, sera suivie d'un certain nombre de chapitres, subdivisés également par pays et consacrés à l'exposé des données fournies par l'Exposition sur l'état d'avancement de diverses branches particulières de la sidérurgie.

Les indications relatives à la métallurgie des métaux autres que le fer et à certaines fabrications annexes, telles que celle des produits réfractaires, seront réunies dans des chapitres distincts; d'autres chapitres spéciaux, rattachés à telle ou telle section de ce rapport, serviront à étudier plus particulièrement certaines méthodes nouvelles ou ayant pris un développement considérable depuis l'Exposition de 1889.

Nous devons faire remarquer que le plan de notre travail diffère nécessairement, d'une manière bien tranchée, de celui adopté dans les rapports des expositions antérieures, depuis 1867. C'est une conséquence de la modification radicale du système de classification par suite de la suppression de la division établie auparavant entre les produits et les procédés servant à leur fabrication. Si l'on veut néanmoins chercher des points de comparaison dans le passé, ce sont les rapports des Classes 41 et 48 de 1889 qu'il conviendra de rapprocher de ceux du Groupe XI, c'est-à-dire des Classes 63, 64 et 65 de l'Exposition de 1900.

Avant d'entrer dans le détail des diverses subdivisions de la métallurgie, nous croyons utile de signaler certaines expositions présentant un caractère scientifique et un intérêt d'ordre général, notamment celles où figuraient spécialement des publications périodiques. Dans la section française, c'étaient la Société des ingénieurs civils de France, placée tout naturellement hors concours, et la Société anonyme de Publications industrielles qui a obtenu une médaille de bronze pour son intéressant journal *La Métallurgie*. Dans la section des États-Unis, le journal *Iron Age* a obtenu une médaille d'or, non seulement pour la valeur intrinsèque de sa publication, mais aussi pour son remarquable répertoire des établissements industriels des États-Unis qui se rattachent d'une manière quelconque à la métallurgie.

On doit ranger dans une catégorie analogue l'exposition faite par M. Mahler (Pierre) du type de bombe calorimétrique établi par lui au cours de ses importantes recherches sur le pouvoir calorifique des combustibles. Cet appareil, très répandu aujourd'hui dans la pratique industrielle, permet de déterminer rapidement le pouvoir calorifique réel des combustibles, alors qu'on ne disposait auparavant, à cet effet, que de méthodes d'une application longue et d'une exactitude douteuse.

Le Jury de la Classe 64 a décerné une médaille d'argent à M. Mahler (Pierre) pour cette utile création.

DÉVELOPPEMENT DE LA SIDÉRURGIE DE 1889 À 1899.

CONDITIONS GÉNÉRALES.

Le développement de la sidérurgie a été considérable depuis 1889. Pendant la période de onze années qui s'étend de cette date à la fin de l'année 1899, la production de la fonte dans le monde civilisé est passée de 24 à 39 millions de tonnes; celle de l'acier et du fer fondu, de 10 à 25 millions; seule, la production du fer soudé a diminué, se réduisant de 9 à 8 millions de tonnes, mais cette diminution est bien peu de chose à côté de l'accroissement prodigieux de la fabrication du métal fondu.

L'essor de la sidérurgie a été fort inégal d'un pays à l'autre; pour se faire une idée de son ampleur dans chacun d'eux, il convient de rapprocher les chiffres partiels de production concernant les deux années extrêmes de la période considérée.

Les tableaux ci-dessous, où ne figurent que les principaux pays producteurs, permettent d'effectuer cette comparaison, en tenant compte de ce que les chiffres relatifs à la fonte sont plus certains et plus comparables que les autres.

Fonte. — En ce qui concerne la fonte, la statistique comparative, en 1889 et en 1899, est la suivante :

	1889. — tonnes.	1899. — tonnes.	VARIATION PROPORTIONNELLE. —
Allemagne	3,963,000	7,160,000	+ 79 p. 100.
Autriche	617,000	958,000	+ 55
Belgique	832,000	1,025.000	+ 23
Espagne	165,000	296,000	+ 80
États-Unis	6,594,000	13,615,000	+ 107
France	1,734,000	2,578,000	+ 48
Grande-Bretagne	8,456,000	9,527,000	+ 13
Hongrie	182,000	451,600	+ 148
Luxembourg	562,000	983,000	+ 78
Russie	612,000	2,703,900	+ 263
Suède	457,000	532,000	+ 16

Pour le monde entier, l'augmentation relative a été de 62 p. 100; elle est la somme de termes tous de même signe.

Le développement de la production de la fonte a été tout particulièrement accentué en Allemagne et dans le Luxembourg, aux États-Unis, en Hongrie et surtout en Russie.

Fer soudé. — En ce qui concerne le fer soudé, la statistique comparative, en 1889 et en 1899, est la suivante :

	1889. — tonnes.	1899. — tonnes.	VARIATION PROPORTIONNELLE. —
Allemagne	1,886,000	1,199,000	— 36,6 p. 100.
Luxembourg	6,000		
Autriche	472,000	450,000	— 7
Hongrie	11,000		
Belgique	577,000	475,000	— 28
Espagne	59,000	40,000	— 32
États-Unis	2,000,000 (?)	2,630,000	+ 31 (?)
France	809,000	834,000	+ 3
Grande-Bretagne	2,290,000	1,258,000	— 45
Russie	369,000	598,000	+ 62
Suède	313,000	306,000	— 2

La tendance à la diminution est presque générale; elle ne fera que s'accentuer dans l'avenir par suite de la substitution progressive du fer fondu, fabriqué sur sole basique, au fer soudé, dans la plupart des emplois réservés à celui-ci jusqu'à présent. Seules certaines fabrications de fer au bois, telles que celle de la Suède, pourront résister avec succès; encore n'est-il pas certain qu'on ne soit amené, même pour les barres destinées à la cémentation, à substituer peu à peu l'affinage sur sole à l'ancien affinage au bas foyer.

Acier et fer fondus. — En ce qui concerne l'acier et le fer fondus, la statistique comparative, pour les années 1889 et 1899, est la suivante :

	1889. — tonnes.	1899. — tonnes.	VARIATION PROPORTIONNELLE. —
Allemagne	1,950,000	6,317,000	+ 206 p. 100.
Luxembourg	109,000		
Autriche	305,000	881,000	(?)
Hongrie	(?)		
Belgique	215,000	634,000	+ 195
Espagne	28,000	113,000	+ 304
États-Unis	2,946,000	9,076,000	+ 300
France	529,000	1,240,000	+ 116
Grande-Bretagne	3,570,000	4,639,000	+ 30
Russie	225,000	1,493,000	+ 563
Suède	115,000	274,000	+ 238

Ici l'augmentation ne comporte aucune exception, mais son importance est très variable; faible pour la Grande-Bretagne qui a conservé, sans modifications notables, ses anciens appareils à parois siliceuses, modérée en France où le procédé basique est loin d'avoir pris tout le développement dont il est susceptible, elle est énorme aux États-Unis et en Russie. Dans ces deux pays elle se rattache à une période d'activité industrielle extraordinaire qui se prolonge aux États-Unis, mais qui a fait place, en Russie, à une dépression d'une intensité tout aussi exceptionnelle

SITUATION DE LA SIDÉRURGIE

DANS LES DIVERS PAYS EXPOSANTS

Pour se rendre compte du développement relatif des diverses branches de la sidérurgie dans chacun des pays exposants, l'Exposition fournissait des renseignements d'importance fort inégale. La section française réunissait à peu près tous les grands établissements du pays et mettait en évidence les traits essentiels de leurs fabrications. La Belgique, les États-Unis, la Hongrie, la Russie, la Suède, étaient représentés d'une manière moins complète, mais fort satisfaisante encore. Au contraire, deux des grands pays producteurs de fer et d'acier, l'Allemagne et les États-Unis, n'avaient rien présenté qui pût faire apprécier exactement, par le visiteur non prévenu, l'importance colossale de leur industrie sidérurgique.

Bien que nous ayons eu recours parfois, dans une mesure restreinte, à des sources autres que les documents présentés au Jury de la Classe 64, l'inégalité de l'importance des expositions de chaque pays se traduira nécessairement par des différences dans le développement des chapitres divers de notre travail.

FRANCE.

Statistique. — La production de la fonte en France a augmenté de près de moitié dans ces dix dernières années, mais son développement dans les divers districts sidérurgiques a été fort inégal, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par le tableau suivant :

DISTRICTS.	1889. — tonnes.	1899. — tonnes.	VARIATION PROPORTIONNELLE. —
Nord et Pas-de-Calais	315,678	389,124	+ 23 p. 100.
Meurthe-et-Moselle	943,456	1,576,212	+ 67
Champagne et Franche-Comté (Ardennes, Haute-Saône)	93,698	55,960	— 40
Centre (Allier, Cher)	37,655	38,875	+ 3
Loire-Inférieure	27,789	75,112	+ 162
Périgord et Aveyron (Lot-et-Garonne, Aveyron, Dordogne, Tarn)	31,517	54,672	+ 73
Pyrénées et Landes (Ariège, Pyrénées-Orientales, Landes)	60,862	107,085	+ 76
Loire et Rhône (Ardèche, Loire, Rhône, Saône-et-Loire)	141,491	150,572	+ 3
Alpes (Isère)	23,056	37,690	+ 63
Sud-Est (Gard, Bouches-du-Rhône)	65,762	92,599	+ 41
TOTAUX	1,733,964	2,578,404	+ 48

En somme, il ne s'est manifesté de diminution que dans le district de Champagne et départements voisins; elle est due à la cessation de toute production de fonte dans les Ardennes et la Meuse. Dans tous les autres districts, il y a eu une augmentation, faible pour le Centre et la Loire, importante partout ailleurs.

Lorsqu'on décompose les chiffres ci-dessus d'après la nature du combustible employé pour la fabrication de la fonte, on obtient les résultats suivants :

		1889.	1899.
		tonnes.	tonnes.
Fonte	au coke	1,719,331	2,552,909
	au charbon de bois	8,157	14,449
	aux deux combustibles	6,476	11,043
	Totaux	1,733,964	2,578,401

La fonte au charbon de bois et au combustible mixte ne représente que 1 p. 100 environ du total de la production. L'importance de cette branche spéciale de l'industrie sidérurgique ne paraît pas devoir se modifier beaucoup à l'avenir, étant donné que les hauts fourneaux, en bien petit nombre, qui peuvent être alimentés de combustible végétal dans des conditions économiques à peu près satisfaisantes n'ont pas à leur disposition de minerais assez purs pour permettre la fabrication de fontes spéciales, analogues aux fontes de Suède.

Au point de vue de la nature des fontes obtenues, on peut décomposer la production française de la manière suivante :

		1889.	1899.
		tonnes.	tonnes.
Fontes	d'affinage	1,307,104	2,052,430
	de moulage	352,145	420,270
	moulées en première fusion	65,760	92,194
Ferromanganèse		8,955	13,507
	Totaux	1,733,964	2,578,401

Les divers districts producteurs de fonte ont une importance fort inégale. Celui de Meurthe-et-Moselle, alimenté par le puissant gisement de minerai de fer oolithique qui se développe au voisinage de la frontière, fournit les 61 centièmes de la production totale de la France; celui du Nord et du Pas-de-Calais n'arrive qu'au chiffre de 15 centièmes et les autres sont moins importants encore.

Leurs sources d'approvisionnement en minerai sont d'ailleurs fort variées. Les gîtes de Meurthe-et-Moselle alimentent non seulement les usines locales, mais encore quelques hauts fourneaux du Nord; certaines usines, notamment en Franche-Comté, dans le Périgord, dans les Alpes et les Pyrénées, dans le Gard, arrivent à s'alimenter exclusivement, ou à peu près, au moyen de minerais locaux. Un grand nombre de hauts fourneaux français consomment une certaine proportion de minerais étrangers, quand ils ne sont

pas alimentés exclusivement par ces minerais. Les importations de minerais de fer proviennent principalement de la région de Bilbao; cependant, les mines d'Algérie, de Grèce et de la côte sud-est de l'Espagne y prennent une certaine part. Sur la frontière de l'Est, on constate une importation assez considérable de minerais oolithiques, provenant surtout du Luxembourg.

La production de fer soudé est encore importante en France, bien que les chiffres du tableau d'ensemble donné plus haut nécessitent quelques explications. Le chiffre de 833,856 tonnes de fer soudé, relevé en 1899, constitue une anomalie due à la demande exceptionnelle de produits sidérurgiques pendant cette période de crise. Celui de 766,410 tonnes, relevé en 1898, représenterait beaucoup mieux la moyenne normale.

Le rapprochement de ces éléments et de ceux de la production de 1899 permet d'ailleurs de reconnaître l'origine de l'accroissement apparent, d'une année à l'autre, de la production du fer soudé :

		1898.	1899.
		tonnes.	tonnes.
Fer	puddlé	531,653	537,317
	affiné au charbon de bois	6,005	5,583
	obtenu par le réchauffage de vieux fers et riblons	228,752	290,956
	Totaux	766,410	833,856

Il en ressort que c'est surtout à une augmentation de 62,000 tonnes dans la fabrication des produits obtenus par réchauffage de vieux fers qu'on doit attribuer le relèvement inattendu d'une fabrication présentant plutôt, dans des circonstances normales, une tendance à diminuer.

Si on laisse de côté cette remise en service de vieilles matières, la production du fer soudé se décompose en deux parties très inégales, le fer affiné au charbon de bois, qui ne représente pas 1 p. 100 du total, et le fer puddlé. Encore faut-il remarquer que la statistique confond sous la première rubrique le fer obtenu au foyer catalan, représentant seulement 121 tonnes, le fer provenant de l'affinage de la fonte au bas foyer, représentant environ 1,420 tonnes, et le fer de riblons, soudé au bas foyer, qui correspond à la différence, soit 4,082 tonnes.

L'ancien affinage au bas foyer n'est donc plus qu'un élément négligeable dans l'ensemble de la sidérurgie française.

Tout au contraire, le puddlage constitue encore une branche importante de cette industrie, puisqu'il occupe 488 fours, répartis entre 22 départements.

Sur une liste dressée suivant leur chiffre de production en 1899, les dix premiers de ces départements sont les suivants :

	tonnes.		tonnes.
Nord	223,556	Saône-et-Loire	24,696
Ardennes	64,931	Allier	21,838
Haute-Marne	60,494	Jura	15,882
Meurthe-et-Moselle	39,961	Isère	12,880
Loire	27,739	Ariège	11,970

La production du Nord représente près de 42 p. 100 du total, celle des Ardennes et de la Haute-Marne, 12 et 11 p. 100, les autres chiffres étant au-dessous de 8 p. 100.

Lorsqu'on rapproche les chiffres relatifs à la production de fer puddlé de ceux concernant la production de la fonte, on voit que les districts du Nord et de l'Est tiennent la tête des deux listes, mais en ordre inverse. Le bon marché du combustible dans le Nord justifie le développement relativement important que le puddlage y a pris. Les fontes de Meurthe-et-Moselle fournissent d'ailleurs l'aliment principal des usines à fer situées dans les départements voisins, Ardennes, Haute-Marne, Jura, représentant ensemble, avec Meurthe-et-Moselle, une production de 181,268 tonnes de fer puddlé.

Les régions du Nord et de l'Est obtiennent surtout des fers de qualité ordinaire; les départements de la Loire, de Saône-et-Loire, de l'Oise, de l'Ariège produisent spécialement des qualités supérieures. Leurs fours à puddler sont alimentés par des fontes soit produites sur place, soit de provenance assez éloignée parfois.

Le soudage des vieux fers et riblons est une opération relativement simple qui se pratiquait, en 1889, dans 18 départements; le tonnage ainsi obtenu a dépassé 10,000 tonnes dans les départements suivants :

	tonnes.		tonnes.
Nord	125,856	Haute-Marne	13,304
Seine	40,995	Jura	11,609
Ardennes	29,765		

Le Nord conserve ici la même prédominance relative que dans le cas du puddlage, mais la Seine prend la seconde place à cause du tonnage considérable de ferraille fourni par Paris. Le développement progressif de la fusion sur sole paraît devoir réduire de plus en plus l'importance de l'industrie du soudage des vieux fers.

Le développement de la fabrication du métal fondu, considérée d'une manière générale, et plus spécialement du travail sur sole, a été extraordinaire dans la période de onze années que nous considérons. Les chiffres suivants, indiquant la production de lingots bruts, peuvent en donner une idée :

	1889. — tonnes.	1899. — tonnes.	VARIATION RELATIVE. —
Lingots Bessemer	393,741	879,181	+ 122 p. 100.
Lingots Siemens-Martin	232,491	619,845	+ 178
TOTAUX	626,232	1,499,026	+ 156

La répartition de ces lingots entre le procédé acide et le procédé basique ne ressort pas directement des éléments de la statistique officielle et ne peut même en être déduite, avec une précision satisfaisante, en ce qui concerne le procédé Siemens-Martin.

Pour le procédé Bessemer, au contraire, on arrive approximativement à la répartition suivante :

	1889. — tonnes.	1899. — tonnes.	VARIATION RELATIVE. —
Procédé acide	181,297	264,479	+ 46 p. 100.
Procédé basique	212,444	614,702	+ 188
TOTAUX	393,741	879,181	+ 125

Dès 1889, la production de l'acier Thomas avait dépassé celle de l'acier Bessemer; en 1894, elle était presque triple de celle-ci et continuait à augmenter rapidement alors que celle du métal fabriqué par le procédé acide ne montrait pas de tendance bien marquée à l'accroissement.

Autant qu'on peut en juger d'après les indications incomplètes de la statistique actuelle, la même révolution ne se serait pas encore accomplie dans le travail sur sole. Le tonnage de lingots fabriqués sur sole acide dépasserait celui de la fabrication sur sole basique; cette situation se modifiera peu à peu à mesure que la deuxième formule se substituera au puddlage.

La fabrication de l'acier au convertisseur n'existe actuellement que dans sept départements, abstraction faite des petits appareils employés pour la confection des moulages. La production a été la suivante en 1889 et en 1899 :

	1889. — tonnes.	1899. — tonnes.
Meurthe-et-Moselle	147,928	530,851
Nord	91,058	86,144
Pas-de-Calais	59,795	73,929
Saône-et-Loire	34,516	53,851
Gard	21,684	52,518
Landes	35,720	46,000
Loire-Inférieure	//	29,996
Loire	250	//
Divers (petits convertisseurs)	2,790	5,892
TOTAUX	393,741	879,181

La production de Meurthe-et-Moselle représente déjà plus de 61 p. 100 de la production totale; elle va s'accroître dans une proportion importante tant par le développement des usines anciennes que par la création d'usines nouvelles, notamment par celle des aciéries d'Homécourt et de Neuves-Maisons.

Elle est obtenue exclusivement par le procédé basique, de même que la production de Saône-et-Loire et qu'une partie de celle du Nord. Tout le reste de la production française est dû au procédé acide; les usines qui appliquent ce procédé ne sont guère alimentées que de minerais importés.

L'emploi des petits convertisseurs pour la fabrication des moulages se développe progressivement, mais avec une certaine lenteur.

La fabrication de l'acier sur sole a été pratiquée, en 1899, dans 21 départements, avec une activité dont le tableau ci-dessous peut donner une idée :

	1889.	1899.
	tonnes.	tonnes.
Nord	33,832	122,117
Loire	50,348	106,132
Saône-et-Loire	34,195	71,999
Loire-Inférieure	16,512	48,950
Allier	14,795	40,500
Morbihan	12,870	26,018
Nièvre	8,801	25,043
Meurthe-et-Moselle	3,745	23,128
Oise	1,653	23,047
Aveyron	//	20,740
Haute-Marne	4,170	16,013
Gard	18,867	16,012
Pas-de-Calais	//	15,269
Landes	1,346	13,200
Ardennes	3,575	10,707
Meuse	4,286	9,036
Isère	3,015	7,782
Ariège	3,584	7,106
Jura	11,315	6,802
Doubs	2,000	5,523
Haut-Rhin	3,582	4,721
Totaux	232,491	619,845

Sauf pour le Gard, où la variation est insignifiante, et pour le Jura, l'accroissement a été général de 1889 à 1899. Le développement de la fabrication sur sole s'accentuera certainement dans l'avenir; il est regrettable que l'insuffisance des indications fournies par la statistique ne permette pas de se rendre compte exactement du développement de chacune des deux variantes de ce procédé.

Aciers divers. — La fabrication de l'acier par les anciens procédés représente un tonnage peu important. Ce tonnage est resté sensiblement constant depuis 1889, bien que la répartition de ses divers éléments se soit sensiblement modifiée. C'est ce qui ressort du tableau ci-dessous, dont les chiffres représentent des produits marchands et non plus des lingots, comme précédemment :

		1889.	1899.
		tonnes.	tonnes.
Acier	puddlé	13,689	7,933
	cémenté et corroyé	1,598	1,516
	fondu au creuset	12,681	17,358
	Totaux	27,968	26,807

Pendant que la production de l'acier corroyé restait stationnaire, celle de l'acier puddlé diminuait de 5,700 tonnes et celle de l'acier fondu au creuset augmentait de 4,300.

Les seuls départements où la fabrication de l'acier, par les anciens procédés, ait une certaine importance, sont les suivants :

	ACIER		
	PUDDLÉ. — tonnes.	CÉMENTÉ. — tonnes.	FONDU au creuset. — tonnes.
Loire	2,148	630	12,360
Tarn	1,968	270	1,753
Isère	1,015	265	553
Allier	70	40	1,400
Meurthe-et-Moselle	1,260	"	"

Une discussion des variations de détail de ces chiffres serait sans intérêt.

La quantité totale des produits sidérurgiques finis livrés au commerce par les usines françaises pendant l'année 1899 s'est élevée à 2,090,176 tonnes; elle se décompose comme suit :

		RAILS. — tonnes.	TÔLES. — tonnes.	BARRES MARCHANDES et produits divers. — tonnes.	MOULAGES. — tonnes.
Fer.	affiné au charbon de bois	"	894	4,689	"
	puddlé	609	65,189	471,519	"
	obtenu par réchauffage de vieux fer	"	30,778	260,178	"
Acier	Bessemer	250,795	68,582	402,638	10,059
	Siemens-Martin	4,871	205,708	258,600	6,601
	puddlé	"	"	6,693	"
	cémenté	"	"	1,516	"
	fondu au creuset	"	533	16,825	"
	obtenu par réchauffage de vieil acier	"	2,627	2,372	"
	TOTAUX	256,275	375,551	1,441,690	16,660

Il ressort de ces chiffres :

1° Que le métal destiné à la fabrication des rails a été obtenu presque exclusivement au convertisseur;

2° Que la fabrication des tôles en métal soudé représente sensiblement le quart (96,891 tonnes) de la production totale; la fabrication sur sole, plus de la moitié de cette production;

3° Que pour les barres marchandes, le fer conserve une légère prépondérance (736,386 tonnes contre 705,304) qui ne subsistera probablement pas bien longtemps.

INDICATIONS GÉNÉRALES

SUR LES PRINCIPALES USINES SIDÉRURGIQUES FRANÇAISES.

Groupe de l'Est. — Le groupe des usines de l'Est a une importance prédominante dans l'ensemble de la production sidérurgique française. Il fournit plus des trois cinquièmes de cette production, en ce qui concerne la fonte et l'acier, et alimente de produits partiellement élaborés un très grand nombre d'usines de transformation.

Il était représenté à l'Exposition, à titre collectif, par le Comptoir métallurgique de Longwy, qui se trouvait naturellement hors concours par la présence d'un certain nombre de ses membres dans divers jurys. L'exposition du Comptoir de Longwy formait un élégant salon décoré de peintures décoratives remarquables, dues au pinceau de M. Rosset-Granger. Ces peintures faisaient ressortir principalement le côté pittoresque de l'exploitation du minerai de fer à ciel ouvert; une seule, représentant la coulée d'un haut fourneau, intéressait par son sujet la Classe 64.

Des échantillons de fontes, de briques réfractaires, de briques de laitier complétaient, au point de vue métallurgique, cette exposition dont l'objet essentiel était de faire saisir immédiatement aux visiteurs l'importance considérable de l'industrie sidérurgique de Meurthe-et-Moselle.

Les exposants individuels appartenant à la région du Nord-Est étaient nombreux; ils peuvent être divisés en deux catégories, suivant qu'ils possèdent tous leurs établissements sidérurgiques dans cette région, ou qu'ils se bornent au contraire à y produire de la fonte pour la transformer ensuite dans d'autres usines plus ou moins éloignées.

A la première catégorie se rattachent, parmi les producteurs de fonte, les Aciéries de Longwy, les Aciéries de Micheville, les Aciéries de Pompey, la Société métallurgique de Gorcy, les Hauts fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson, la Société métallurgique d'Aubrives et Villerupt, et même la Société de Vezin-Aulnoye, si l'on tient compte de l'importance prédominante acquise aujourd'hui, dans le fonctionnement de cette entreprise, par l'usine d'Homécourt. L'usine importante de Jeuf, appartenant à MM. de Wendel et Cie, n'était pas représentée à l'Exposition. Dans la deuxième catégorie d'usines, on peut faire entrer les Forges et Aciéries du Nord et de l'Est, qui produisent leur fonte à Jarville, près Nancy, les Forges et fonderies de Montataire, dont l'activité se partage entre leurs usines de Frouard (Meurthe-et-Moselle) et de Montataire (Oise), enfin les Forges de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons dont le centre principal de production de fonte se trouve à Neuves-Maisons (Meurthe-et-Moselle).

Dans une catégorie spéciale, formant transition entre les groupes de l'Est et du Nord, on peut placer la Société de la Providence à raison de ses hauts fourneaux de Réhon, près Longwy, et même, à la rigueur, la Société des hauts fourneaux de Maubeuge, à cause de sa participation dans les hauts fourneaux de Senelle (Meurthe-et-Moselle).

Autour du grand centre sidérurgique de Meurthe-et-Moselle se groupent de nombreuses usines, d'importance relativement secondaire, situées dans les Ardennes, la Meuse, la Haute-Marne, etc. Les unes sont exclusivement des usines de transformation, d'autres produisent elles-mêmes, au moyen de fontes ou de ferrailles de provenances diverses, les lingots dont elles ont besoin; quelques-unes enfin, relativement peu nombreuses, ont conservé des hauts fourneaux à faible production, qui leur fournissent une petite partie seulement de la fonte qu'elles consomment.

Suivant la règle générale que nous avons adoptée, nous nous bornerons à donner dans le présent chapitre des indications générales sur la consistance de ces divers établissements et sur l'importance de leur production, sauf à développer dans les chapitres suivants les particularités qui caractérisent, au point de vue technique, telle ou telle de leurs fabrications.

La Société des aciéries de Longwy et la Société des aciéries de Micheville occupent, avec une production presque égale, le premier rang parmi les grandes usines de l'Est; la première a eu déjà une existence beaucoup plus longue que la seconde. Elle a été fondée en 1880 par la réunion des usines à fonte de Mont-Saint-Martin et du Prieuré, opérée en vue de l'application du procédé Thomas-Gilchrist.

Les deux usines primitives, fondées l'une et l'autre en 1865, possédaient trois hauts fourneaux chacune; le nombre total de ces appareils n'a pas été modifié depuis lors, mais leurs dimensions ont été agrandies et leurs dispositions accessoires considérablement améliorées. La Société possède, en dehors de ce groupe principal, le haut fourneau de Moulaine, acquis à une date postérieure et dont la fonte est amenée liquide, en poches, à l'usine de Mont-Saint-Martin. Cette usine comprend actuellement, outre les hauts fourneaux, deux mélangeurs de fonte, de 200 tonnes chacun, qui étaient en construction au cours de l'année 1900; six convertisseurs basiques, en deux groupes de trois chacun, avec tous les accessoires nécessaires pour assurer leur fonctionnement sur la base de 46 à 50 opérations par vingt-quatre heures; un atelier de moulages possédant deux petits convertisseurs à garnissage siliceux, et un four Siemens-Martin de 4 tonnes; un four Siemens-Martin, à sole en magnésie, de 12 tonnes de capacité, servant à la fabrication des aciers de qualité supérieure; un atelier de laminage comprenant un blooming actionné par une machine de 2,000 chevaux, un train réversible, à trois paires de cages, actionné par une machine de 1,500 chevaux, un train universel pour larges plats, un train trio pour tôles moyennes, un train universel trio, un trio pour cornières, poutrelles, etc., un train cadet à trois sections et onze paires de cages; enfin, un train-machine, produisant de 50 à 70 tonnes par vingt-quatre heures. La puissance de production de l'atelier de laminage, dans son ensemble, est suffisante pour assurer l'écoulement de la production de l'atelier Bessemer, qui s'élève elle-même à 500 tonnes de lingots par vingt-quatre heures.

L'usine possède, en outre, les ateliers de construction et de fonderie nécessaires pour l'entretien de son outillage ainsi qu'un laboratoire faisant 2,000 analyses par mois (y compris les analyses de combustibles). Elle dispose d'un réseau de voies ferrées ayant 35 kilomètres de développement et est desservie par 16 locomotives pesant de 24 à 35 tonnes,

IMPRIMERIE NATIONALE.

6 locomotives plus petites, 220 wagons de 10 à 15 tonnes; enfin, 158 trucks avec cônes en fonte ou acier pour l'enlèvement des laitiers et scories.

Son service électrique comprend une station centrale de transport de force, composée de deux machines à vapeur compound tandem de 600 chevaux chacune, à distribution Corliss, tournant à 70 tours par minute et actionnant directement des dynamos du type Siemens et Halske. Le courant continu, à 240 volts aux bornes, est distribué entre 49 réceptrices, développant de 0.6 à 60 chevaux, et 18 ponts roulants ou grues comportant 52 moteurs.

Elle comprend, en outre, quatre stations d'éclairage, produisant un courant continu, à 115 volts, qui alimente 170 lampes à arc et 1,200 lampes à incandescence; ces stations utilisent une puissance totale de 300 chevaux.

Le débit est régularisé par une batterie d'accumulateurs, d'une capacité de 580 ampères-heures.

L'usine possède enfin un atelier de broyage des scories de déphosphoration qui peut traiter, par vingt-quatre heures, de 120 à 130 tonnes de ces scories.

La Société des aciéries de Longwy a extrait, en 1899, des 5,550 hectares de concessions qu'elle a en toute propriété et des 270 hectares qu'elle a en participation, 523,200 tonnes de minerai; elle a produit 187,300 tonnes de fonte Thomas, 151,700 tonnes de lingots Bessemer et 8,500 tonnes de lingots Martin. Elle a livré au commerce 56,200 tonnes de produits ébauchés divers (blooms, billettes, lingots, etc.), 83,800 tonnes de produits finis (rails, tôles, fer-machines, etc.), 10,000 tonnes de moulages de fonte ou d'acier et 50,300 tonnes de scories de déphosphoration.

Son exposition était ingénieusement disposée en vue de mettre en évidence la qualité de ces produits; elle était formée d'un kiosque construit en fers de fabrication courante, enroulés suivant les formes les plus variées, de manière à bien faire ressortir l'extrême ductilité du métal Thomas.

Le Jury de la Classe 64 lui a décerné un grand prix.

La Société anonyme des aciéries de Micheville est de création plus récente que celle des aciéries de Longwy, mais son développement a suivi une série de phases assez analogues. Ses origines remontent à la fondation, le 20 octobre 1872, de la Société en commandite simple Joseph Ferry et Cie, au capital de 800,000 francs, transformée le 15 mars 1875 en une société en commandite par actions, au capital de 2 millions, sous la raison Ferry, Curicque et Cie. La Société nouvelle mit à feu un premier haut fourneau en avril 1878, un second en mai 1882; elle se borna à produire de la fonte jusqu'en 1893, époque à laquelle elle se décida à créer une aciérie Thomas et à construire deux nouveaux hauts fourneaux, nécessaires pour assurer l'alimentation de l'aciérie.

Pour réaliser ce programme, on dut porter progressivement le capital social de 2 à 11 millions de francs et émettre des obligations pour 1 million : les émissions finales furent suivies de la transformation de l'affaire en société anonyme.

Actuellement, cette société dispose, pour assurer l'alimentation de son usine, de cinq concessions minières, d'une surface totale de 2,592 hectares et de 30 hectares

de terrains miniers exploitables à ciel ouvert, en France, plus 65 hectares de terrains de même nature dans le Luxembourg.

L'usine de Micheville est installée sur la frontière même; son niveau principal est celui des voies du réseau des chemins de fer d'Alsace-Lorraine avec lequel elle est raccordée directement. Son raccordement avec la gare française de Villerupt se fait par une voie située à une cote de 20 mètres plus élevée et par un plan incliné formé d'une double voie de 2 m. 50 d'ouverture, sur laquelle circulent deux transbordeurs reliés l'un à l'autre par un câble enroulé sur un treuil. Le treuil en question est actionné par une dynamo à courant continu de 125 chevaux : il permet l'élévation de wagons pesant jusqu'à 30 tonnes et ayant jusqu'à 18 mètres de long.

L'usine comprend cinq hauts fourneaux pouvant produire ensemble 670 tonnes par jour, deux mélangeurs de 160 tonnes, une aciérie à quatre convertisseurs de 15 à 16 tonnes, un train blooming dégrossissant couramment des lingots d'un poids de 2,000 à 2,500 kilogrammes et actionné par une machine réversible de 3,000 à 4,000 chevaux, un finisseur actionné par une machine réversible de 5,000 chevaux, un trio conduit par une machine à volant de 1,500 chevaux, un atelier de broyage de scories et une fonderie de deuxième fusion qui tend à prendre un sérieux développement.

Le fonctionnement d'une aciérie importante exige une production considérable de vapeur. A Micheville, cette production est obtenue pour près des deux tiers au moyen du gaz des hauts fourneaux et, accessoirement, au moyen des flammes perdues du four à réchauffer du train trio. Sur une surface de chauffe totale de 11,902 mètres carrés, 7,488 sont chauffés de cette manière et 4,414 seulement par des foyers spéciaux alimentés à la houille.

Le type de chaudière presque exclusivement adopté est le type dit *semi-tubulaire*, formé d'un corps cylindrique, contenant un faisceau de tubes parcourus par les fumées, et de deux bouilleurs recevant le coup de feu. La surface de chauffe du modèle courant est de 208 mètres carrés; celle des trois chaudières des fours à réchauffer atteint 250 mètres carrés.

L'usine de Micheville possède une station centrale d'électricité destinée à fournir le courant nécessaire pour actionner les rouleaux automoteurs des trains, les ponts roulants, treuils, ventilateurs, etc.; enfin, le grand plan incliné dont l'installation a été nécessitée par la situation toute particulière de l'usine. La station comprend trois machines compound tandem, actionnant chacune directement une dynamo de 165 kilowatts, plus une machine compound jumelle, portant sur un arbre, près du volant, l'induit d'une dynamo de 440 kilowatts. Ces diverses dynamos fournissent un courant continu, à 450 volts, qui, pour l'éclairage, est ramené à 110 volts par deux transformateurs de 70 kilowatts. On a complété récemment cette installation par l'addition d'un moteur alimenté par le gaz des hauts fourneaux et actionnant directement une dynamo de 200 kilowatts, donnant un courant continu à 110 volts.

La puissance de production de l'outillage de Micheville serait théoriquement de 615 tonnes de fonte et de 500 tonnes de produits laminés par vingt-quatre heures;

mais ces chiffres sont des maxima qui ne peuvent pas être obtenus régulièrement, surtout en ce qui concerne les hauts fourneaux. En 1899, les résultats effectifs ont été : 172,138 tonnes de fonte, 156,989 tonnes de lingots et 132,614 tonnes de produits laminés divers (blooms, billettes, rails et poutrelles). Sur ce dernier total, il a été exporté 29,657 tonnes.

L'exposition de la Société de Micheville, resserrée dans un emplacement un peu restreint, présentait des documents numériques et graphiques fort intéressants et une coupe verticale d'un lingot de type courant, mettant en évidence la concentration des soufflures à la partie supérieure.

La Société de Micheville a obtenu un grand prix.

Dans le voisinage immédiat de Longwy se trouve l'usine de Gorcy, d'une importance bien inférieure sans doute à celle de Mont-Saint-Martin au point de vue du tonnage, mais intéressante au point de vue de la qualité de ses produits. Les deux établissements ont d'ailleurs, jusqu'à un certain point, une origine commune, car c'est M. Joseph Labbé, fondateur de l'usine de Gorcy, qui créa, en 1865, les hauts fourneaux de Mont-Saint-Martin, fusionnés plus tard avec ceux du Prieuré lors de la constitution des Aciéries de Longwy.

La Société métallurgique de Gorcy a cherché à produire par elle-même, autant que possible, les matières premières nécessaires pour l'alimentation de son usine. A cet effet, elle exploite près de la gare de Paturages (bassin de Mons) la concession du Fief de Lambrechies et y fait fonctionner 66 fours à coke avec récupération des sous-produits. A Lamadelaine (grand-duché de Luxembourg), elle possède la concession du Titelberg, d'une surface de 20 hect. 20; elle y produit annuellement 80,000 tonnes de minerai de fer extraites de la couche rouge, puissante de 2 m. 20, et de la couche grise, puissante de 3 mètres; elle exploite également dans la concession de Romain, près Longwy, de 140 hectares de surface, une couche de minerai de 2 m. 50 d'épaisseur.

Dans la région de Briey, elle a obtenu les concessions de Moutiers, de 694 hectares, et de Bettainvillers, de 463 hectares. Les travaux de mise en exploitation de la première sont actuellement en cours.

L'usine de Gorcy comprend deux hauts fourneaux, produisant ensemble 36,000 tonnes de fonte par an, huit fours à puddler simples et six fours doubles, trois marteaux-pilons, deux trains de puddlage et deux cisailles à vapeur, le tout permettant de produire annuellement 20,000 tonnes de fer puddlé, un train marchand et un train cadet, pouvant fournir 10,000 tonnes de fers marchands, et un train-machine produisant 12,000 tonnes. Situées sur la frontière de Belgique et séparées de la vallée de la Chiers par un plateau élevé, les forges de Gorcy sont reliées à la gare belge de Signeux par un embranchement de 4 kilomètres; leurs produits doivent emprunter les voies belges sur 17 kilomètres pour rentrer sur le réseau français par la gare d'Ecouviez.

La Société de Gorcy a obtenu une médaille d'or dans la Classe 64.

La Société anonyme métallurgique d'Aubrives et Villerupt, au capital de 4,250,000 fr., a eu pour origine l'établissement d'Aubrives (Ardennes), fondé en 1858 pour la fabrication des tuyaux en fonte; mais son organisation actuelle date de 1894, époque à

laquelle la Société traita avec la Société de Châtillon-Commentry pour la rétrocession de l'amodiation de l'usine à fonte de Villerupt, composée de deux hauts fourneaux capables de produire chacun 70 à 75 tonnes de fonte par jour et disposant, pour leur alimentation, de 1,000 hectares de concessions de minerai de fer. Elle installa près de ces hauts fourneaux une installation de moulage de tuyaux en première fusion, tout en continuant à faire fonctionner celle qu'elle possédait à Aubrives. Actuellement elle exploite annuellement 180,000 tonnes de minerai pour produire 54,000 tonnes de fonte de moulage; son usine de Villerupt peut fournir 22,000 tonnes de moulages par an, celle d'Aubrives, 18,000 tonnes. En 1899, ces deux usines ont produit ensemble 28,700 tonnes, dont 21,000 sous la forme de tuyaux. Plus de la moitié de cette dernière fabrication est exportée à l'étranger et aux colonies françaises.

La Société d'Aubrives-Villerupt se trouvait placée hors concours par la présence d'un de ses administrateurs dans le Jury de la Classe 64.

La Société anonyme des hauts fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson, au capital de 2,047,500 francs, fabrique les mêmes produits que la Société d'Aubrives-Villerupt, mais son importance industrielle est bien plus grande, malgré l'infériorité de son capital nominal. Elle possède 3,595 hectares de concessions de minerai de fer dans le département de Meurthe-et-Moselle, dont 1,869 dans la région de Nancy et 1,726 dans celle de Briey. Jusqu'ici elle a été alimentée exclusivement par le premier groupe, mais elle vient de mettre en exploitation la concession d'Auboué, faisant partie du deuxième, au prix d'efforts considérables et de dépenses qui dépassaient déjà 2 millions et demi de francs au milieu de l'année 1900.

Elle possède, à Pont-à-Mousson, cinq hauts fourneaux produisant ensemble de 275 à 300 tonnes de fonte de moulage par vingt-quatre heures, un atelier de moulage de tuyaux, d'une surface totale de 15,000 mètres carrés et d'une puissance de production annuelle s'élevant à 60,000 tonnes, une fonderie à plat occupant une surface totale de 20,000 mètres carrés et pouvant produire annuellement 25,000 à 30,000 tonnes de tuyaux de descente, raccords, coussinets, etc., d'importants ateliers d'ajustage, nécessaires pour le finissage des tuyaux aussi bien que pour l'entretien du matériel, une installation de goudronnage fort bien organisée, un atelier de fabrication de briques de laitier, etc.

La force motrice nécessaire pour le cassage des minerais, le soufflage des scubilots, le manutentions de la fonderie, le goudronnage, etc., est fournie par une station centrale composée de quatre moteurs Willans, actionnant chacun une génératrice de 75 kilowatts. Un de ces moteurs est normalement en réserve; des trois autres, l'un dessert l'éclairage, les deux derniers conduisent les divers appareils mentionnés ci-dessus.

Cette installation devait être complétée par le montage d'un moteur fonctionnant au gaz de haut fourneau.

La production de Pont-à-Mousson a été, en 1899, de 88,793 tonnes, dont 60,626 tonnes de tuyaux, représentant une longueur de 1,584,577 mètres. Sur cette dernière partie de la production, 21,760 tonnes ont été exportées.

Un grand prix a été accordé à l'usine de Pont-à-Mousson, qui est actuellement la plus importante des fonderies de tuyaux en activité non seulement en France, mais même sur le continent européen.

Tout près de Pont-à-Mousson, à Dieulouard (Meurthe-et-Moselle), se trouve une usine consacrée à une spécialité bien différente, la fabrication des aciers de coutellerie et des instruments aratoires. Cette usine, appartenant à MM. Gouvy et Cie, emploie les anciens procédés d'affinage (affinage au bas foyer et puddlage) pour obtenir de l'acier soudé et la fusion sur sole pour produire des lingots.

Sa création remonte seulement à l'année 1871; elle a eu pour objet de fournir au marché français les produits que lui livrait antérieurement l'usine de Hombourg-haut, annexée à l'Allemagne par le traité de Francfort.

On pratique à Dieulouard l'affinage pour acier dans trois bas foyers, recevant des charges de 100 kilogrammes de fonte et traitant deux charges par vingt-quatre heures. L'acier ainsi obtenu est employé par la coutellerie de Langres et de Châtellerault.

Les fours à puddler, au nombre de 3 dans l'usine, donnent une production d'acier beaucoup plus importante; le poids des charges atteint 275 kilogrammes, et on peut faire 8 charges par vingt-quatre heures.

Les fontes traitées dans les fours à puddler, comme dans les bas foyers, sont des mélanges de fontes fines, provenant de Denain et d'Isbergues, et de fontes spéculaires provenant du district de Siegen.

L'usine possède, depuis 1899, un four Siemens-Martin, à sole acide, faisant, par vingt-quatre heures, quatre charges de 10 tonnes. On y passe un mélange de fontes d'hématite, de provenance anglaise, et de chutes d'acier dur.

L'élaboration du métal s'effectue au moyen de 4 marteaux-pilons, d'un moyen mill, d'un petit mill et d'un train à tôles. La production totale est de 6,000 tonnes par an; une partie importante est transformée en pièces de charrues, pelles, bêches, fourches, etc.

Le Jury de la Classe 64 a décerné une médaille d'or à la maison Gouvy et Cie, qui a obtenu de la Classe 65 une plus haute récompense.

La Société anonyme des hauts fourneaux, forges et aciéries de Pompey possède trois établissements dont le plus important de beaucoup est celui dont elle porte le nom. Son usine d'Apremont (Ardennes) comprend seulement une fonderie de fonte et un atelier d'ajustage; les 92 fours à coke qu'elle possède à Seraing (près Liège) ne fournissent qu'une partie de la consommation de ses hauts fourneaux.

L'usine de Pompey a été créée en 1871, par M. Dupont qui, à la suite de l'annexion du pays Messin à l'empire allemand, s'était décidé à ne pas conserver ses établissements d'Ars-sur-Moselle. Elle avait alors pour objet principal la production des fers puddlés. En 1884, M. Fould-Dupont songea à substituer à cette fabrication celle du métal fondu; ne pouvant, à cette époque, recourir à l'emploi du convertisseur, il installa des fours Siemens-Martin, à sole basique, produisant de 12,000 à 14,000 tonnes par an. Dès que le procédé Thomas-Gilchrist fut tombé dans le domaine public, il commença

l'installation de trois convertisseurs de 10 tonnes et d'un gros train pour la fabrication des billettes, rails, etc.

Pour utiliser convenablement un pareil outillage, il fallait développer la production de la fonte et remanier diverses parties de l'usine. Les nécessités financières imposées par l'exécution de ce programme motivèrent la création de la Société anonyme actuelle, au capital de 11 millions, et l'émission d'obligations pour une somme de 6 millions.

La Société de Pompey possède, outre les usines d'Apremont et de Seraing, déjà mentionnées, 2,991 hectares de concessions de minerai de fer dans Meurthe-et-Moselle, dont 1,639 hectares dans le bassin de Nancy et 1,282 hectares dans le bassin de Briey. A Pompey, elle dispose actuellement de 4 hauts fourneaux pouvant produire 600 tonnes de fonte par jour, de trois convertisseurs Thomas, de 10 tonnes, d'un four Siemens-Martin, à sole basique, faisant des coulées de 12 à 14 tonnes, de 15 fours à puddler, desservis par deux pilons de 2,500 kilogrammes et deux trains de puddlage, d'un atelier de grosse forge, d'un gros train trio de 0 m. 800, laminant des blooms, billettes, rails, poutrelles, etc., desservi par 3 fours à réchauffer, et pouvant produire 500 tonnes par vingt-quatre heures, de quatre trains à fers marchands et petites poutrelles, d'un train de laminoirs à tôles moyennes, avec un dégrossisseur en duo et un finisseur en trio, d'une fonderie de fonte coulant des pièces pesant jusqu'à 15 tonnes, et d'une fonderie d'acier, enfin, d'un atelier important de construction et d'ajustage. Elle utilise les laitiers de hauts fourneaux pour produire annuellement 30,000 tonnes de ciment de laitier, plus 6 millions de briques de laitier, et broie, pour l'agriculture, les scories Thomas provenant de l'aciérie.

Pour présenter au public, sous une forme originale, sa série de fers marchands et profilés, la Société de Pompey avait employé 80 de ses profils divers pour former un des systèmes de génératrices d'un paraboloïde hyperbolique, d'une vingtaine de mètres de hauteur, le deuxième système étant formé de 25 barres rondes, de 0 m. 020 de diamètre, en fer de qualité supérieure (n° 6), munies de tendeurs, de manière à atténuer la flexion de l'ensemble.

Son exposition comprenait, en outre, une série de 550 profils divers laminés à Pompey, de nombreux spécimens d'essais par pliage ou torsion, effectués soit sur des barres ou des poutrelles, soit sur des pièces plus compliquées, telles que tampons, plaques de garde, etc., de nombreux moulages, tels que pignons, crémaillères, etc., coulés en acier Siemens-Martin, enfin le plan de l'usine de Pompey et des vues des divers établissements de la Société.

D'après les indications fournies par celle-ci, sa puissance de production annuelle serait de 580,000 tonnes de minerai, 48,000 tonnes de coke, 200,000 tonnes de fonte, 18,000 tonnes de fer brut, 160,000 tonnes de lingots Thomas, 12,000 tonnes de lingots Siemens-Martin, 40,000 tonnes de blooms et billettes, 90,000 tonnes de poutrelles, fers marchands et fers spéciaux, 30,000 tonnes de rails, 18,000 tonnes de tôles et de larges plats, 2,000 tonnes de pièces de forge et 2,000 tonnes de moulages d'acier.

La Société des hauts fourneaux, forges et aciéries de Pompey a obtenu un grand prix en 1900, comme la maison Fould-Dupont, en 1889.

La Société anonyme des forges et fonderies de Montataire a eu pour origine première l'usine du même nom, fondée en 1813, par MM. Bernard et Louis Mertian pour la fabrication du fer en barres, des tôles minces et du fer-blanc. Cette société possède aujourd'hui, à Frouard (Meurthe-et-Moselle), un établissement sidérurgique qui, ne comprenant à l'origine que trois hauts fourneaux de faible production, a pris, dans ces dernières années, un développement considérable.

Il est alimenté de minerai par les concessions de Frouard, Bouxières-aux-Dames et Chavenois situées à des distances d'environ 1,500 mètres de l'usine; les couches, de 2 mètres de puissance, y sont sensiblement horizontales et affleurent à 80 mètres environ au-dessus du fond de la vallée. Les minerais provenant de Chavenois et de Bouxières arrivent directement à l'usine par un plan incliné; ceux de Frouard, ainsi que la castine, y sont amenés au moyen d'un transporteur aérien construit en 1899 et passant au-dessus de la route nationale, du canal et du chemin de fer de l'Est. Les minerais et la castine sont déchargés dans des accumulateurs, puis déversés directement de ces récipients dans les wagonnets des hauts fourneaux.

Ceux-ci sont au nombre de quatre; trois étaient en feu en 1900. Ils produisaient annuellement 100,000 tonnes de fonte, dont 35,000 de fonte blanche d'affinage et 65,000 tonnes de fonte Thomas.

La fonte de cette deuxième catégorie est traitée dans trois convertisseurs, de 8 à 9 tonnes chacun, qui ont été mis en activité en mars 1900. La production de lingots est actuellement de 50,000 tonnes par an; elle pourrait être portée à 70,000 si l'on mettait à feu le quatrième fourneau.

L'usine de Montataire a renoncé au travail de puddlage depuis la mise en marche de l'aciérie de Frouard; elle élabore, d'une part, les lingots fournis par cette aciérie et transportés par voie d'eau, d'autre part, les 25,000 tonnes de lingots produites par les trois fours Siemens-Martin, de 15 tonnes chacun, qu'elle possède.

Les trains de laminoirs dont elle dispose sont :

1° Un trio ébaucheur, à cylindres de 0 m. 70 de diamètre, pour billettes et largets destinés à la fabrication de la tôle mince;

2° Un gros mill, un moyen mill et deux petits mills, donnant par an 24,000 tonnes de barres marchandes, profilés, etc.;

3° Un train à grosses tôles, de 2 m. 55 de table;

Un train trio pour tôles moyennes.

Ces deux trains produisent annuellement 18,000 tonnes de tôles de 0 m. 002 et au-dessus;

4° Quatre trains à tôle mince;

Six trains à fers noirs pour la fabrication du fer-blanc;

Un atelier d'étamage et de galvanisation.

La production annuelle des tôles minces, tôles galvanisées, fers-blancs, etc. atteint 13,000 tonnes.

5° Enfin divers ateliers d'entretien, notamment une fonderie permettant de couler les cylindres de laminoirs, soit en fonte ordinaire, soit en fonte trempée.

La Société de Montataire possède, en outre, à Nantes, une usine d'impression de fers-blancs, munie de neuf presses lithographiques et des étuves nécessaires.

Elle exposait d'intéressants spécimens de ses diverses fabrications, notamment une tôle rectangulaire de 7 m. 75 sur 2 m. 18 avec 0 m. 18 d'épaisseur et un disque de même épaisseur ayant 2 m. 50 de diamètre. Le métal employé donnait 38 kilogrammes de résistance par millimètre carré, avec 3 p. 100 d'allongement (sur 0 m. 200).

Une tôle de 10 mètres sur 1 m. 60, avec 0 m. 003 d'épaisseur, pour torpilleurs, fournissait un spécimen d'un métal plus dur (R = 53 kilogrammes. — A = 21 p. 100).

La Société des Forges et Fonderies de Montataire se trouvait placée hors concours par la présence de son président dans le Jury de la Classe 64.

La Société anonyme des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est, dont le siège social est à Valenciennes (Nord), a été fondée en 1881, en vue de réaliser une combinaison assez analogue à celle adoptée actuellement par la Société de Montataire, mais différant cependant de celle-ci sur certains points essentiels. Elle produit dans son usine de Jarville, près de Nancy, les fontes qui constituent l'élément primordial de son industrie, mais, au lieu de les transformer immédiatement en lingots comme on le fait à Frouard, elle les envoie par eau à ses usines du Pont de Trith et de Valenciennes (Nord), où elles sont affinées soit au four à puddler, soit au convertisseur.

Cette manière de procéder exige, il est vrai, une consommation supplémentaire de coke au cubilot, pour amener la fonte à l'état liquide, mais, en compensation, elle permet d'éviter le réchauffage des lingots et donne des facilités plus grandes pour approprier leurs dimensions à la fabrication des produits les plus divers.

La Société possède dans Meurthe-et-Moselle trois concessions de minerai de fer, représentant une surface totale de 2,021 hectares. Elle n'exploite actuellement que celle de Chavigny-Vandœuvre, où les deux couches utilisables sont recoupées par une galerie principale de roulage débouchant à une hauteur de 90 mètres au-dessus des voies du garage de Ludres, sur la ligne de Nancy à Vézelise. Le minerai est amené par rails aux deux usines de Jarville, comprenant en tout quatre hauts fourneaux et pouvant produire annuellement 200,000 tonnes de fonte.

Les usines de transformation sont la forge du Pont de Trith, qui produit annuellement 15,000 tonnes de fers puddlés, laminés ensuite sous des profils très divers, et l'aciérie du Poirier, près Valenciennes, qui comprend, outre un important atelier de puddlage, avec quatre trains de laminoirs, deux convertisseurs basiques, de 10 à 11 tonnes, deux fours Siemens-Martin, de 15 tonnes, l'un basique et l'autre acide, un puissant train réversible pour rails, profilés, billettes, etc., une halle de martelage et de laminage des bandages, une batterie de 20 chaudières tubulaires à vent forcé, représentant en tout 1,600 mètres carrés de surface de chauffe, un atelier de broyage des

COMITÉ FRANÇAIS DES EXPOSITIONS A L'ÉTRANGER
N°
BIBLIOTHÈQUE

scories de déphosphoration, enfin toutes les installations accessoires qu'implique le fonctionnement d'une grande aciérie.

La production annuelle de ces deux usines est de 30,000 à 35,000 tonnes de fers laminés, 70,000 à 90,000 tonnes d'aciers laminés de toutes qualités et de tous profils, 2,000 tonnes de moulages d'acier et 20,000 tonnes de scories de déphosphoration broyées.

Le Jury a décerné un grand prix à la Société des forges et aciéries du Nord et de l'Est.

La Société anonyme de Vezin-Aulnoye a été fondée à Huy (Belgique), le 10 novembre 1858, en vue d'exploiter les minerais oligistes de Vezin (Belgique) et de traiter ces minerais dans des hauts fourneaux établis à Aulnoye (France). Par suite d'une série d'acquisitions et de créations successives, son centre principal d'activité s'est trouvé peu à peu déplacé de la région du Nord vers celle de l'Est.

Depuis longtemps, la Société avait adjoint à son établissement primitif d'Aulnoye les forges et laminoirs du Tilleul, à Maubeuge, en 1866, et les forges, laminoirs et fonderie de Saint-Marcel, à Hautmont, en 1869; en 1865, elle avait créé les hauts fourneaux de Maxéville, près Nancy, alimentés par les concessions de l'Avant-Garde, Boudonville et Amance, d'une surface totale de 1,887 hectares. Elle transformait dans ses usines situées à proximité du bassin houiller du Nord la fonte qu'elle produisait dans ce dernier établissement.

La mise en exploitation des concessions d'Homécourt (894 hectares) et d'Anderny (814 hectares) obtenues en 1884 et 1889 dans la région de Briey, a décidé la Société à créer à Homécourt une grande aciérie, d'une importance comparable à celle des plus puissantes existant en France. Par suite de l'abandon, déjà ancien, de son exploitation de Vezin, la Société de Vezin-Aulnoye se trouve aujourd'hui avoir dans ce pays le siège exclusif de son activité industrielle.

L'usine d'Homécourt doit comprendre plus tard six hauts fourneaux, produisant chacun 150 tonnes de fonte Thomas par jour; deux seulement de ces hauts fourneaux sont construits actuellement. La fonte liquide est emmagasinée dans deux mélangeurs de 160 tonnes chacun, puis envoyée aux convertisseurs, au nombre de 3, et recevant des charges de 15 tonnes. Le laminage se fera, après réchauffage dans des fours verticaux, au moyen d'un blooming à cylindres de 1 m. 10 de diamètre, puis, après un nouveau réchauffage, dans un train réversible à cylindres de 0 m. 850.

Une station centrale d'électricité a été prévue pour une puissance de 3,000 chevaux; elle sera commandée par trois machines à gaz, système Otto, alimentées par le gaz des hauts fourneaux ou, à défaut de celui-ci, par le gaz fourni par 4 gazogènes système Wilson. Le courant employé est triphasé, à 500 volts. Les chaudières à vapeur de l'usine sont au nombre de 60, à foyer intérieur et de 100 mètres carrés de surface de chauffe, avec surchauffeur Schwœrer. La vapeur d'échappement des diverses machines est condensée au moyen d'une condensation centrale barométrique, système Weiss.

L'usine de Pont Fleuri, à Maxéville, comprend trois hauts fourneaux produisant annuellement 35,000 tonnes chacun, trois machines soufflantes et huit chaudières.

Celle d'Aulnoye possède deux hauts fourneaux, de même puissance de production, avec trois machines soufflantes et huit chaudières.

Les deux usines du Tilleul, à Maubeuge et de Saint-Marcel, à Hautmont, sont presque identiques, car elles possèdent la première 18, la deuxième 17 fours à puddler doubles, desservis de part et d'autre par quatre marteaux-pilons et dix fours à réchauffer.

Au Tilleul, le finissage occupe six trains de laminoirs; la production annuelle peut atteindre 39,000 tonnes de profilés grands et moyens, ainsi que de larges plats. A Hautmont, les trains sont au nombre de sept et fabriquent de petits profilés, des fers marchands, des feuillards, etc; leur puissance de production annuelle est de 36,000 tonnes. Cette dernière usine possède, en outre, une fonderie importante et un atelier de produits réfractaires.

La Société de Vezin-Aulnoye a obtenu un grand prix dans la Classe 64.

La Compagnie des forges de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons, au capital de 18,500,000 francs, a commencé, après la Société de Vezin-Aulnoye, une transformation qui aboutira finalement à un résultat analogue, c'est-à-dire au transport de son centre principal d'activité dans la région de l'Est.

Son origine première remonte à 1845; la Société possédait alors une vingtaine de petites forges disséminées dans la Haute-Marne, l'Aube, la Côte-d'Or, l'Yonne et l'Allier. En 1848, elle créa l'usine Saint-Jacques, près de Montluçon, qui est restée jusqu'ici son établissement principal. Par la suite, elle fut amenée à fermer peu à peu la plupart de ses anciennes usines et à concentrer ses fabrications dans un petit nombre d'entre elles.

Des modifications progressives de la situation économique amenèrent l'extinction de la plupart des hauts fourneaux que la Société exploitait dans le Centre et l'abandon de la fabrication des rails. Cette dernière a été remplacée par la fabrication du matériel de guerre, qui présente, pour l'usine Saint-Jacques, une importance considérable, mais la Société restait dans la dépendance d'autres établissements en ce qui concerne son alimentation de fonte. Pour obvier à cet inconvénient, elle a absorbé, en 1897, la Société métallurgique de Champigneulles et de Neuves-Maisons, qui lui a apporté des concessions de minerais de fer fort étendues, avec trois établissements sidérurgiques importants, Neuves-Maisons, Champigneulles et Liverdun. Elle a entrepris alors la construction, à Neuves-Maisons, d'une grande aciérie Thomas, destinée à produire, dans des conditions avantageuses, les produits métallurgiques de qualité courante, les usines de la région du Centre devant rester consacrées à la fabrication des produits supérieurs.

En résumé, la Compagnie des Forges de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons possède les usines suivantes :

Dans l'Est, les hauts fourneaux de Neuves-Maisons, avec une aciérie en construction, les hauts fourneaux et forges de Liverdun et les forges de Champigneulles;

Dans le Châtillonnais, une forge, avec tréfilerie et pointerie, à Saint-Colombe (Côte-d'Or), des tréfileries à Plaines et Mussy-sur-Seine (Aube), à Ampilly (Côte-d'Or) et une pointerie à Chamesson (Côte-d'Or);

Dans le Centre, les forges et aciéries de Saint-Jacques (Montluçon) avec les ateliers

de construction de la Ville Gozet, les hauts fourneaux et foyers de Commentry (Allier), les tréfileries et câbleries de Tronçais, Sologne et Morat (Allier), les tréfileries et pointeries de Vierzon (Allier).

Parmi ces nombreux établissements, les tréfileries et surtout les câbleries se rattachent à la Classe 65 bien plutôt qu'à la Classe 64; ils ne présentent, au point de vue réellement métallurgique, aucun intérêt spécial en dehors de l'excellente qualité de leurs produits. D'autre part, les forges de Champigneulles et de Liverdun ont un outillage déjà un peu ancien, qui permet d'obtenir, dans de bonnes conditions, les fers marchands et les profilés divers, le fer machine et les essieux de voitures, mais qui ne mérite aucune mention spéciale, sauf en ce qui concerne les tubes en fer ou acier fermés par simple rapprochement que l'on fabrique à Champigneulles par un procédé breveté.

Les établissements réellement importants de la Société sont Neuves-Maisons dans l'Est, Commentry et Saint-Jacques dans le Centre.

La description de ces derniers trouvera sa place naturelle à côté de celle des autres usines de la même région. D'autre part, c'est au chapitre spécial aux hauts fourneaux que se rattachent les détails relatifs à l'usine de Neuves-Maisons.

La Société de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons se trouvait placée hors concours par la présence de son directeur général dans le Jury de la Classe 64.

En dehors du département de Meurthe-et-Moselle, dans la Haute-Marne et les Ardennes notamment, il existe quelques usines assez importantes qui transforment les fontes produites dans les grandes usines, soit par affinage sur sole basique, comme celles de MM. Husson, Thévignot et Cie, à Closmortier (Haute-Marne), de MM. Lefort et Cie, à Mohon (Ardennes), soit par moulage, comme l'usine d'Aubrives (Ardennes), déjà mentionnée, l'usine de Brousseval (Haute-Marne), celles de Bussy et du Rongeant (Haute-Marne), etc. Ces dernières seront décrites plus loin; nous nous bornerons à donner ici quelques détails sur les deux premières.

Les établissements de MM. Husson, Thévignot et Cie, à Closmortier, près Saint-Dizier (Haute-Marne), remontent à une date fort ancienne et comprennent des fabrications assez diverses. Il n'y existe plus de hauts fourneaux; l'affinage des fontes de Meurthe-et-Moselle s'y opère dans six fours à puddler, produisant annuellement 8,400 tonnes de fer brut, et dans un four Siemens-Martin, à sole basique, de 12 tonnes de capacité, produisant annuellement 10,000 tonnes de lingots avec une consommation de 250 kilogrammes de houille par tonne. Le métal soudé ou fondu est transformé au moyen de quatre trains de laminoirs produisant annuellement 14,000 tonnes de fers marchands et profilés et par un train machine pouvant produire, par poste de douze heures, 25 tonnes de verge de 0 m. 0049 de diamètre. Ce dernier produit est tréfilé à l'usine et fournit 6,500 tonnes de fil. Enfin une pointerie fabrique annuellement 2,000 tonnes de pointes, goujons, fausses vis, etc.

MM. Husson, Thévignot et Cie occupent 600 ouvriers. Leur exposition comprenait des spécimens de leurs diverses fabrications, notamment de leurs nombreux types de profilés; on y voyait également des échantillons intéressants de chaînes d'acier sans

soudures, spécialité rattachée à la Classe 65. La Classe 64 a décerné une médaille d'argent à MM. Husson, Thévignot et Cie.

La Société des forges et clouteries réunies de Mohon (Lefort et Cie) est une entreprise très complexe, puisqu'elle exploite dix usines occupant une surface totale de 40 hectares, utilisant une force motrice de 2,500 chevaux, occupant 1,100 ouvriers et faisant en tout plus de 8 millions de francs d'affaires; mais la plus grande partie de ses fabrications, telles que pointes, clous, ronces métalliques, grillages, relevaient de la Classe 65, qui lui a décerné un grand prix. La production des lingots et celle du fer machine, spéciales à l'usine de Mohon, seront donc seules ici l'objet d'une mention.

L'importance actuelle de cette usine et de la société elle-même est due essentiellement à l'activité et à la valeur personnelle du gérant, M. Jean-Baptiste Lefort. Celui-ci avait débuté, en 1863, comme apprenti dans l'usine de Mohon, appartenant alors à M. Léon Regnault et occupant 34 ouvriers seulement; il est arrivé à faire de cette usine le centre d'un groupement industriel considérable et prospère.

En 1893, il y a créé la fabrication du fer machine, au moyen d'un train comportant un premier dégrossisseur à cylindres de 0 m. 500, un deuxième dégrossisseur, à cylindres de 0 m. 300 et un finisseur à cylindres de 0 m. 230. Cet ensemble, commandé par une puissante machine Corliss, peut laminer, en une seule chaude et en 25 passes, des lingots de 0 m. 130 de côté, pesant 110 kilogrammes; il produit journellement de 60 à 70 tonnes de verge de 5 millimètres de diamètre. C'est un chiffre élevé, car les productions équivalentes ou supérieures, obtenues dans d'autres établissements, le sont d'ordinaire en partant de billettes de 0 m. 055 à 0 m. 060 de côté.

Pour alimenter le train ci-dessus, M. Lefort a monté en 1899 un four Siemens-Martin de 15 tonnes, desservi par un monte-charges électrique de 3 tonnes et par un pont roulant électrique de 15 tonnes, servant au démoulage. Ces appareils sont commandés par une dynamo donnant 66 kilowatts sous 230 volts, conduite elle-même par une turbine à vapeur, système de Laval, d'une puissance de 100 chevaux. Le four produit par jour, en moyenne, 50 tonnes de petits lingots qui ont 0 m. 130 de côté pour la fabrication du fer machine et 0 m. 160 pour celle des tôles. Cette dernière élaboration est effectuée à façon, dans des conditions spéciales, par l'usine de Laval-Dieu, de la société de Villerupt-Laval-Dieu; les tôles ainsi fabriquées sont employées par la Société Lefort et Cie à la fabrication mécanique des clous.

La Société Lefort et Cie livre annuellement 30,000 tonnes de produits finis; sur ce total, la moitié environ provient du four Siemens-Martin et du train machine de Mohon.

Son exposition présentait des spécimens du type courant de lingots et la série des cannelures du train machine.

Elle a obtenu une médaille d'or dans la Classe 64.

La Société Boutmy et Cie exploite trois usines situées dans les Ardennes, sur de petits cours d'eau, affluents de la Chiers, qui leur fournissent de la force motrice. Placées à une distance assez grande des voies ferrées, ces usines ne peuvent fabriquer avantageusement que des produits d'une valeur relativement élevée.

Elles se divisent en deux groupes bien distincts, l'usine de Margut, qui produit annuellement 6,000 tonnes de moulages divers; les usines à fer établies à Messempré et à Osnes qui produisent annuellement 2,000 tonnes de fer et 9,000 à 10,000 tonnes de tôles fines, de qualités spéciales pour la plus grande partie.

Quelques détails seront donnés plus loin sur les travaux de fonderie exécutés à Margut. Les tôleries comprennent quatre établissements :

1° Osnes, qui possède 1 four Siemens-Martin, de 8 tonnes, 5 fours à puddler, 1 train à tôles comprenant une cage pour largets, une autre pour finissage, 4 fours dormants et 15 fours à recuire. Sa production annuelle est de 2,000 tonnes de fers plats et de fers fendus, plus 3,000 tonnes de tôles, d'une épaisseur de 1 à 2 millim. 5;

2° Messempré, dont l'outillage comprend 2 fours à souder, 1 train à tôles, à deux cages, et 4 fours dormants. Sa production annuelle est de 4,000 tonnes de tôles ayant au maximum 5 millimètres d'épaisseur;

3° Lonchamps, produisant 2,000 tonnes de tôles glacées avec 2 cages de laminoirs;

4° La Fenderie, produisant 500 tonnes de tôles minces avec une petite cage.

Ces diverses usines fabriquent avec succès les tôles spéciales, telles que tôles pour construction de dynamos, tôles en grands panneaux pour voitures de chemins de fer, tôles glacées pour poêlerie de luxe, etc.

La Société Boutmy et Cie a obtenu une médaille d'or.

Groupe du Nord. — Le groupe des usines sidérurgiques du Nord vient, comme importance, immédiatement après le groupe de l'Est. Certaines des usines qui le constituent sont alimentées de fonte exclusivement par les hauts fourneaux qu'elles possèdent dans ce dernier district; c'est le cas des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est, près Valenciennes, décrites dans le chapitre précédent, à l'occasion de leur établissement de Jarville (Meurthe-et-Moselle).

D'autres, comme la Société des hauts fourneaux de Maubeuge et la Société de la Providence, produisent dans l'Est une partie de la fonte qui leur est nécessaire et tirent le reste de hauts fourneaux annexés à leurs usines de transformation.

D'autres enfin ont préféré grouper tous leurs moyens de production. Elles font venir parfois de la région de l'Est une partie des minerais qu'elles consomment; c'est le cas de la Société de Denain et Anzin; ou bien, comme la Société des aciéries de France, elles s'approvisionnent à l'étranger de minerais riches qu'elles importent généralement par Dunkerque. Les facilités de communication dont jouit la région du Nord, grâce à son réseau très complet de voies navigables, permettent à cet égard des combinaisons assez variées.

La Société anonyme des laminoirs, hauts fourneaux, forges, fonderies et usines de La Providence est une société belge, dont le siège social est à Marchienne-au-Pont (Belgique), mais elle possède en France des établissements métallurgiques d'une importance presque équivalente à celle de ses usines belges. Ce sont les hauts fourneaux de Réhon

(Meurthe-et-Moselle), au nombre de trois, avec une fonderie comme annexe, et l'usine de Hautmont (Nord), comprenant deux hauts fourneaux à grande production, des fours à coke, des fours à puddler, quatre fours Siemens-Martin de 15 tonnes chacun et une série de trains de laminoirs pour l'obtention des profilés et des tôles.

Pour les gros profils, cette usine emploie un train réversible, muni de cylindres de 1 mètre de diamètre et de 3 mètres de table; pour les grosses tôles, un train semblable de 2 m. 60 de table.

Elle possède en outre trois trains pour les fers marchands et profilés ordinaires, et deux trains trio, à cylindres commandés, de diamètres égaux, pour les tôles fines et moyennes.

La Société de la Providence exposait des fers carrés ayant jusqu'à 0 m. 160 de côté, des fers ronds ayant jusqu'à 0 m. 210 de diamètre, des poutrelles ayant jusqu'à 0 m. 508 et 0 m. 515 de hauteur, avec des longueurs de 20 et de 15 mètres, des tôles de 2 m. 60 de large et de 11 mètres de long, etc.

La production de ses usines françaises a été, en 1898-1899, de 112,000 tonnes de fonte et de 68,000 tonnes de laminés.

Elle se trouvait hors concours par suite de la présence d'un de ses administrateurs dans le Jury de la Classe 64.

La Société anonyme des hauts fourneaux de Maubeuge avait été fondée, en 1837, en vue de produire de la fonte au moyen des minerais de la région d'Avesnes. Elle développa ensuite son industrie en installant une fonderie ainsi que des laminoirs à profilés et à tôles.

Prévoyant depuis longtemps l'importance que devaient prendre les gisements ferrifères de l'Est de la France, elle a obtenu dans cette région cinq concessions, représentant une surface de 3,357 hectares, et créé à Senelle, près Longwy, avec le concours de MM. d'Huart frères, une usine dirigée par ces derniers et produisant annuellement 36,000 tonnes de fonte.

L'usine de Maubeuge, située entre le chemin de fer du Nord et le canal de la Sambre, comprend actuellement deux grands hauts fourneaux, pouvant produire chacun 100 tonnes par jour, une fonderie de fonte produisant de 5,000 à 6,000 tonnes par an, une fonderie d'acier au convertisseur, pouvant livrer 3,000 tonnes de pièces pesant jusqu'à 5 tonnes, une halle de puddlage contenant 16 fours doubles, 5 marteaux-pilons, 2 trains ébaucheurs, 2 cisailles à levier et 3 cisailles doubles à vapeur, une halle de finissage contenant 6 fours à réchauffer, 2 gros trains pour laminage des profilés, 2 trains moyens et 2 petits trains à courroies avec dégrossisseurs, tous montés en trio et desservis par 5 scies circulaires oscillantes, 6 cisailles à vapeur, etc.; ses laminoirs peuvent produire annuellement 60,000 tonnes de fers marchands et de profilés. L'usine possède en outre un atelier de constructions très important qu'elle vient de développer en vue de la construction des appareils électriques.

La Société de Maubeuge se trouvait placée hors concours par la présence de son administrateur-directeur général dans le Jury de la Classe 64.

La Société anonyme des forges et aciéries de Denain et d'Anzin a une origine déjà ancienne, car elle a été fondée en 1849, par la réunion des Forges de Denain et des Forges d'Anzin; elle était arrivée à une production annuelle de 40,000 tonnes de fers marchands, fers à planchers, tôles, etc., lorsqu'elle se décida, en 1872, à monter une aciérie Bessemer, alimentée au moyen de minerais importés. Pour assurer la régularité de ses approvisionnements, elle s'associa, en 1878, avec trois autres établissements métallurgiques pour fonder la Société franco-belge des mines de Sommorostro. Plus tard, préoccupée d'appliquer les procédés d'affinage basique, elle a entrepris l'exploitation de minerais phosphoreux dans l'Est de la France et à la Ferrière-aux-Étangs (Orne).

Ces divers minerais sont amenés aux mines de Denain et d'Anzin par eau ou par voies ferrées, de même que le combustible, fourni par les houillères du Nord, du Pas-de-Calais, ou même de la Belgique. La castine provient d'une carrière que la Société exploite à Abscon, à 5 kilomètres de Denain.

La Société possède 4 hauts fourneaux à Denain et 2 à Anzin, pouvant produire ensemble 200,000 tonnes de fonte par an; 42 fours à puddler, répartis entre ces deux usines; une aciérie, située à Denain, comprenant actuellement 4 anciens convertisseurs de 10 tonnes, mais devant être remplacée très prochainement par une aciérie nouvelle, comprenant 2 mélangeurs de 150 tonnes et 4 convertisseurs de 15 tonnes, à revêtement basique; une aciérie Siemens-Martin, comprenant 5 grands fours, de 15 à 25 tonnes, plus un petit four, pour aciers spéciaux, capable de produire 280 tonnes de lingots par jour; un atelier de moulages d'acier pouvant livrer, annuellement, jusqu'à 3,000 tonnes de pièces d'un poids atteignant 25 tonnes; une série très complète de trains de laminoirs permettant de fabriquer toutes les barres rondes et carrées, les poutrelles jusqu'à 0 m. 260 de hauteur, les fers en U jusqu'à 0 m. 250 et les rails du plus fort échantillon, enfin toutes les tôles, les blindages non compris cependant.

Elle possède, en outre, un atelier de fabrication de produits réfractaires, pouvant fournir 6,000 tonnes par an, un atelier de moulage de fonte et de bronze, capable de produire 10,000 tonnes, des ateliers de forge, chaudronnerie, ajustage, charpente, modelage, etc.

Les installations électriques d'éclairage et de transport de force développaient 550 chevaux et allaient être portées à 2,000.

Les usines de Denain et d'Anzin consomment annuellement 245,000 tonnes de coke, 260,000 tonnes de houille, 150,000 tonnes de minerais d'Espagne et de Suède, 300,000 tonnes de minerais de France.

Elles produisent 175,000 tonnes de fonte, 160,000 tonnes de lingots d'acier et 60,000 tonnes de fer brut, le tout correspondant à une production de 82,000 tonnes de barres et profilés, 39,000 tonnes de rails et 39,000 tonnes de tôles.

L'exposition de la Société de Denain et Anzin était fort intéressante. Elle se faisait remarquer, au point de vue théorique, par la présence de nombreuses éprouvettes d'acier de composition fort diverses, avec indication de leurs coefficients mécaniques; au point de vue pratique, par l'importance et la belle exécution des objets exposés.

Parmi les spécimens de tôles, l'une des fabrications principales de la Société, on voyait un disque de 3 m. 10 de diamètre et de 0 m. 018 d'épaisseur, pesant 1,200 kilogrammes et présentant une résistance de 37 kilogr. 08 à la rupture, avec 33 p. 100 d'allongement sur 0 m. 200; une tôle de construction, qualité marine, longue de 19 m. 25, avec une largeur de 2 m. 50 et une épaisseur de 0 m. 0125; enfin de nombreuses pièces embouties à Biache-Saint-Waast, pièces dont les usines de Denain avaient fourni la matière première.

Parmi les échantillons de rails et profilés, on pouvait signaler des rails Broca de 19 m. 25 de long, pesant 36 kilogr. 9 par mètre, des cadres de mines, des traverses métalliques de types divers, etc.

Les moulages d'acier étaient nombreux, de grandes dimensions et d'une belle exécution. On remarquait notamment un fond de cylindre de machine marine, de 2 m. 50 de diamètre au bord extérieur, avec le piston correspondant, de 1 m. 50 de diamètre; un fond de convertisseur Bessemer, deux affûts de canon, des caissonnements de cylindres de locomotives, de forme très compliquée, etc.

Pour la confection des cylindres de laminoirs, la Société emploie souvent un acier très dur, tenant 1,65 p. 100 de carbone et donnant une résistance de 49 kilogr. 9 à la flexion et de 92 kilogr. 2 à la traction, avec 2 p. 100 d'allongement. Un barreau de ce métal, présentant une section de 0 m. 055 sur 0 m. 055, ne se brise que sous le choc d'un mouton de 18 kilogrammes tombant de 1 m. 50 de haut.

La Société de Denain et Anzin se trouvait placée hors concours par la présence du président de son conseil d'administration dans le Jury de la Classe 64.

La Société anonyme des Aciéries de France est une entreprise à la fois minière et métallurgique; à l'inverse de ce qui se passe ordinairement, elle n'a établi aucune corrélation entre ces deux branches de son industrie.

Elle livre au commerce la houille qu'elle produit à Cransac (Aveyron) et achète à diverses mines du Pas-de-Calais le combustible dont elle a besoin pour son usine d'Isbergues. Cette situation, anormale en apparence, s'explique par les conditions spéciales de la fondation et du développement de la Société au point de vue économique; elle est justifiée par la distance considérable qui sépare les deux centres principaux de son activité industrielle.

L'usine principale de la Société est celle d'Isbergues (Pas-de-Calais); créée en 1881, uniquement pour la fabrication des rails par le procédé Bessemer acide, elle s'est confinée dans cette spécialité jusqu'en 1894, date à partir de laquelle elle a commencé la fabrication des profilés et des fers marchands.

L'installation d'un four Siemens-Martin et d'un atelier de moulage d'acier est venue un peu plus tard.

L'emplacement des usines d'Isbergues a été choisi à raison des facilités qu'il présentait au point de vue des communications soit par canaux, soit par voies ferrées. Les minerais, importés d'Espagne, de Suède, etc., arrivent par les ports de Calais ou de Dunkerque avec des parcours de 62 et de 51 kilomètres seulement; le combustible,

IMPRIMERIE NATIONALE.

fourni ordinairement par les diverses houillères du bassin du Pas-de-Calais, est parfois importé d'Angleterre.

La réception des matières arrivant par eau se fait dans un bassin de 220 mètres de long sur 40 de large, pouvant contenir dix bateaux simultanément. Le service de déchargement avait été assuré, jusqu'en janvier 1900, par quatre grues à vapeur circulant sur les voies du bassin; à cette époque, il a été amélioré par l'addition d'un élévateur à commande électrique, pouvant décharger 360 tonnes au moins par vingt-quatre heures.

Le charbon destiné à la fabrication du coke est repris par un transporteur aérien, qui l'amène soit directement aux mélangeurs, soit au lavoir. Les charbons à vapeur sont mis sur wagons et conduits aux chaudières dans les mêmes conditions que ceux qui arrivent directement par rails. La puissance totale des engins de déchargement est de 1,200 tonnes par vingt-quatre heures.

L'usine d'Isbergues est organisée de manière à pouvoir produire elle-même la plus grande partie du coke dont elle a besoin; elle y trouve le double avantage de réaliser une certaine économie sur la fabrication de ce produit, tout en obtenant plus de garanties en ce qui concerne sa qualité, et de se procurer, par la récupération des chaleurs perdues, une quantité considérable d'énergie mécanique, représentant actuellement 1,700 chevaux. En 1899, la proportion de coke acheté a été seulement de 13 p. 100 de la consommation totale; le reste se divisait en 30 p. 100 de coke lavé et 57 p. 100 de coke non lavé.

Le lavage porte sur les fines au-dessous de 0 m. 008 et sur les grains de 0 m. 008 à 0 m. 15 ; chacune de ces deux catégories, séparées par un trommel, va à une série de 3 bacs à feldspath : les produits lavés sont égouttés dans 4 tours d'une contenance totale de 180 tonnes. Une autre tour sert à l'égouttage des charbons lavés avant leur envoi aux chaudières ; les schlamms sont recueillis dans 3 bassins de décantation.

La capacité du lavoir est de 200 tonnes par vingt-quatre heures.

Les refus du trommel, au-dessus de 0 m. 015, sont mélangés aux charbons assez purs pour n'avoir pas besoin de lavage; le tout passe ensuite au broyage. Dans les mélanges il entre ordinairement une certaine proportion de houille maigre, proportion qui est réglée au moyen de trois tables tournantes, placées au-dessous de trois trémies prolongeant un nombre égal de réservoirs cylindriques de 100 tonnes de capacité chacun. Les houilles broyées sont reprises par des chaînes à godets et transportées, ainsi que les charbons lavés, dans des accumulateurs.

Les fours à coke sont au nombre de 116 dont 66 du type Coppée et 50 du type Bernard. Ils sont disposés sur deux lignes parallèles, dont chacune est desservie par une défourneuse à vapeur. Les flammes perdues sont utilisées au moyen de chaudières Babcock et Wilcox, de 226 mètres carrés de surface de chauffe chacune.

Les hauts fourneaux sont au nombre de trois, et produisent chacun, par vingt-quatre heures, de 120 à 135 tonnes de fonte Bessemer. Cette fonte est coulée en gueuses, puis refondue dans deux cubilots et traitée dans deux convertisseurs de 8 tonnes de capacité, munis chacun d'un bassin de coulée spécial, avec une alimentation supplémentaire

fournie par deux cubilots. Cette installation a produit en vingt-quatre heures jusqu'à 540 tonnes de lingots. Ceux-ci sont démoulés, déposés dans des *pits*, puis envoyés au laminage dont l'outillage comprend un grand blooming, d'installation récente, un autre blooming plus ancien, servant de réserve, un train à rails, à 3 cages, deux trains moyens, enfin un petit train, disposé en double duo, avec dégrossisseur.

Pour obtenir une qualité supérieure de métal, on se sert d'un four Siemens-Martin de 15 tonnes, à sole en magnésie; ce four assure en même temps l'alimentation d'une fabrication de moulages d'acier, devenue importante aujourd'hui.

L'usine possède en outre une fonderie de fonte, un atelier de fabrication de produits réfractaires, pouvant produire 600 tonnes par mois, un groupe électrogène constitué par deux moteurs de 300 chevaux conduisant chacun un alternateur polyphasé, à la tension de 333 volts et tournant à 240 tours avec une fréquence de 40 périodes, enfin des ateliers de construction et d'entretien.

L'usine d'Isbergues peut produire annuellement 80,000 tonnes de fonte, 70,000 tonnes de rails, profilés, etc., et 2,500 tonnes de moulages d'acier.

La Société des aciéries de France possède à Paris deux usines destinées à transformer en produits marchands, poutrelles et fers de commerce, les vieux rails et les ferrailles que l'on peut se procurer en grande quantité sur le marché. La plus ancienne des deux, située quai de Grenelle, avait pour objet principal la fabrication des poutrelles en fer, de 0 m. 08 à 0 m. 22 de hauteur. Les vieux rails étaient mis en paquets de 110 à 300 kilogrammes, que l'on réchauffait dans 3 fours Bicheroux et qu'on laminait à un train trio de 0 m. 48, à deux cages, conduit par une machine de 250 chevaux. On pouvait produire ainsi 16,500 tonnes par an, en travaillant de jour seulement.

Pour obvier aux conséquences de la réduction de la consommation des poutrelles en fer, on a monté, en 1896, un train à fer marchand. Ce train est desservi par deux fours à réchauffer, suivis chacun d'une chaudière Babcock et Wilcox de 120 mètres carrés de surface de chauffe. Sa machine motrice, de 400 chevaux et tournant à 80 tours, conduit directement un dégrossisseur trio, à cylindres de 0 m. 480, et, par courroies, un train finisseur comprenant 3 cages profileuses et 2 cages de spatards. Les gros échantillons sont coupés à chaud, à la scie; les petits sont débités à froid, à la cisaille.

La production mensuelle est d'un millier de tonnes.

L'installation du train marchand a permis de relever à 26,500 tonnes la production annuelle de l'usine de Grenelle, qui était tombée à 19,200 en 1895; il convenait néanmoins de prendre des mesures pour fournir au commerce les poutrelles en acier qu'il demande de préférence, et cela en utilisant les ferrailles de toute composition que l'on est obligé d'employer aujourd'hui comme matière première.

C'est pour ce motif que la Société des aciéries de France a construit tout récemment à Javel une usine qui comprendra, quand elle sera terminée, 4 fours Siemens-Martin, à sole basique, de 20 tonnes de capacité, quatre fours à réchauffer, un blooming à cylindres de 0 m. 700 et un gros train à 3 cages, pour la fabrication des poutrelles, le tout actionné par une machine réversible de 2,000 chevaux, un petit train, pour la fabrica-

tion des aciers marchands, comprenant un trio ébaucheur de 0 m. 450 à une cage et un finisseur de 0 m. 300, à 3 cages profileuses et deux spatards, une station électrique de 450 chevaux, etc. Cette installation pourrait donner annuellement 40,000 tonnes de produits finis.

La Société des aciéries de France avait exposé une série intéressante de profilés, notamment de rails pour tramways, une série de traverses de chemins de fer, d'importants moulages d'acier, notamment un cylindre de laminoir ayant servi à la fabrication de 400 tonnes d'éclisses du type Ouest, des modèles d'appareils spéciaux, tels que son train double-duo et son chargeur pour fours Siemens-Martin, etc. Elle a obtenu un grand prix.

La Société anonyme d'Escaut et Meuse a pour objet principal la production des tubes, soit rapprochés, soit soudés, soit sans soudure, mais elle ne se limite pas à la partie mécanique de cette fabrication spéciale, que nous étudierons plus loin. Elle produit elle-même le métal dont elle a besoin et le transforme dans ses ateliers en tôles et larges plats, se rattachant ainsi à la catégorie des grandes usines métallurgiques. Elle appartient également à cette catégorie par l'importance de sa production annuelle, qui s'élève, pour l'usine d'Anzin, à 32,000 tonnes de lingots Siemens-Martin, à 14,700 tonnes de tôles et larges plats et à 15,000 tonnes de tubes ou produits analogues. Son usine du Val-Benoît (Belgique), qui ne produit pas elle-même ses matières premières, fournit annuellement 5,000 tonnes de tubes. Le développement des affaires de la Société a été très rapide dans ces dernières années, car en 1889 le chiffre total de production n'était que de 6,500 tonnes.

L'usine d'Anzin a été créée en 1882 ; c'est en 1889 seulement qu'on y a installé la fabrication des lingots. On avait commencé par employer un four Pernot qui a été remplacé en 1896 par un four Siemens-Martin du modèle ordinaire. L'usine comprend actuellement deux fours de ce type, l'un de 12, l'autre de 15 tonnes, à sole basique; ils sont desservis par 14 gazogènes distillateurs à vent soufflé. La coulée se fait en poche, au moyen d'une grue hydraulique; le démoulage des lingots est effectué par trois grues locomotives.

Le laminage des larges plats destinés à la fabrication des tubes soudés présente des difficultés spéciales à cause de la faible épaisseur correspondant à une largeur déterminée. Ces dimensions seront, par exemple, les suivantes en millimètres :

LARGEUR — EN MILLIMÈTRES.		ÉPAISSEUR CORRESPONDANTE — EN MILLIMÈTRES.	
180	300	2,75	3,75
200	350	3,00	4,00
250	450	3,25	4,50
275	620	3,50	5,00

Le laminage s'effectue au moyen de deux trains universels, à cylindres de 0 m. 550 de diamètre et de 0 m. 640 de largeur de table, pour l'un, de 0 m. 450 et 0 m. 350

pour l'autre, avec releveurs mécaniques commandés par une machine de 600 chevaux. Ces trains sont desservis par deux fours à réchauffer du type Bicheroux, soufflés et munis chacun d'une chaudière à flammes perdues, et par deux cisailles à vapeur, dont l'une est capable de couper à froid des barres en acier doux de 0 m. 035 d'épaisseur et de 0 m. 500 de largeur. Avec cet outillage, on peut laminer des larges plats atteignant des longueurs de 18 à 27 mètres.

Lorsque la largeur des bandes à obtenir dépasse 0 m. 620, on enlève les cylindres verticaux du train universel et on remplace les cylindres horizontaux par des cylindres à tôles.

Outre ses ateliers divers de fabrication de tubes, l'usine d'Anzin comprend une fonderie produisant annuellement 1,800 tonnes de moulages en fonte, un atelier important de construction, une station centrale d'électricité utilisant 850 chevaux et un groupe de trois compresseurs pouvant fournir par heure 1,500 mètres cubes d'air comprimé à 5 kilogrammes. Elle occupe une surface totale de près de 20 hectares, dont 34,400 mètres carrés de surface couverte, et renferme 27 chaudières représentant 4,800 mètres carrés de surface de chauffe avec 45 machines à vapeur développant ensemble 5,300 chevaux.

Son annexe du Val-Benoît, près Liège, occupe seulement 1 hect. 50 et ne s'occupe que de la fabrication des tubes.

La Société d'Escaut et Meuse a obtenu un grand prix.

Groupe de l'Ouest. — La région de l'Ouest de la France possédait autrefois, notamment en Normandie et en Bretagne, un grand nombre de petits hauts fourneaux traitant au charbon de bois des minerais extraits principalement des assises siluriques. Ces minerais sont assez abondants et leur exploitation semble reprendre aujourd'hui une activité nouvelle; mais le combustible minéral, faisant presque complètement défaut dans la région, ne pouvait remplacer le combustible végétal. Aussi les anciennes usines sidérurgiques de l'Ouest ont-elles disparu à peu près complètement au cours de la période comprise entre les années 1860 et 1880; elles ont été remplacées, un peu plus tard, par des établissements créés sur le littoral, en vue de s'approvisionner de houille anglaise et, éventuellement, de minerais importés ou de fontes amenées par mer.

Un seul de ces établissements, celui de Trignac, produit de la fonte qu'il affine au convertisseur ou au four Siemens-Martin pour la transformer finalement en laminés de types variés et en tôles; deux autres usines, qui figuraient également à l'Exposition, celles de Basse-Indre (près Nantes) et de Hennebont (Morbihan), se bornent à traiter sur sole basique des mélanges de fontes et de ferrailles, obtenant ainsi des lingots qu'elles transforment principalement en fers-blancs.

La Société anonyme des aciéries, hauts fourneaux et forges de Trignac s'est substituée, en 1890, à la Société des mines de fer de l'Anjou et des Forges de Saint-Nazaire, créée en 1899, en vue de traiter les minerais siluriques de l'Anjou et de la Bretagne. Elle a renoncé presque complètement à l'emploi de ces minerais et consomme principalement des minerais purs, importés d'Espagne et d'Afrique. Elle produit le

coke qui lui est nécessaire, soit environ 100,000 tonnes par an, dans 160 fours Coppée dont les flammes perdues sont utilisées au moyen de 10 chaudières à vapeur.

Elle possède à Trignac trois hauts fourneaux, produisant chacun 120 à 125 tonnes de fonte par jour, une aciérie Bessemer de deux convertisseurs de 10 à 12 tonnes, deux aciéries Siemens-Martin, comprenant l'une 4 fours à sole basique, de 8, 10, 12 et 15 tonnes, l'autre, encore inachevée, devant comprendre trois fours de 25 tonnes; un atelier de laminage composé d'un train à rails, d'un gros mill, d'un mill moyen, d'un petit mill et d'un train universel; un atelier de tôlerie pouvant fournir toutes les épaisseurs depuis 0 m. 001 jusqu'à 0 m. 040, enfin un train à grandes tôles, encore en construction, destiné à laminer, sur 3 m. 75 de largeur, des longueurs atteignant 15 mètres.

Les moteurs à vapeur de l'usine, au nombre de 63, développent environ 20,000 chevaux et sont alimentés par 83 chaudières.

La puissance de production normale de l'outillage de Trignac, par vingt-quatre heures, serait de 240 tonnes de fonte, 400 tonnes de lingots Bessemer, 200 tonnes de lingots Siemens-Martin et 750 tonnes de laminés divers. Les produits vendus annuellement s'élèvent à 75,000 tonnes environ, dont 20,000 tonnes de fonte, 20,000 tonnes de rails, 20,000 tonnes de tôle et 15,000 tonnes de profilés.

La Société de Trignac était hors concours, le président de son conseil d'administration faisant partie d'un Jury de l'Exposition.

La Société anonyme des forges et aciéries de Basse-Indre (antérieurement Léon Langlois et Cie) est une affaire fort ancienne, car la fondation de l'établissement remonte à 1825. En vue de substituer, dans sa fabrication de profilés, d'essieux, etc., le métal soudé au métal fondu, elle a installé récemment deux fours Siemens-Martin, à sole basique, l'un de 15, l'autre de 25 tonnes, et pouvant produire par an 18,000 tonnes de lingots. Le métal ainsi obtenu sert en partie à alimenter les anciens laminoirs produisant des cornières, des ronds pour rivets et divers autres articles destinés à la construction maritime; ils alimentent en outre 3 trains à fers noirs, qui, avec une installation d'étamage, peuvent livrer annuellement 4,000 tonnes de fers-blancs. Ce dernier chiffre sera doublé lorsque les nouvelles installations seront terminées. Une partie des fers-blancs produits à Basse-Indre est imprimée dans l'établissement de M. Guiho, à Nantes. Ce dernier établissement, de création toute récente, est bien installé, paraît-il, mais son exposition, un peu sommaire, n'était pas faite pour donner une idée exacte de son importance et de sa valeur. Il a obtenu une mention honorable, tandis qu'une médaille d'argent était décernée à la Société de Basse-Indre.

Les forges d'Hennebont, appartenant à la Société générale des cirages français, tiennent la tête parmi les usines françaises se livrant à la fabrication du fer blanc; leur production a été de 18,520 tonnes en 1899. Elles sont situées près d'Hennebont, petit port du Morbihan. C'est d'ailleurs par voie maritime, au moyen de navires de 1,000 tonneaux environ appartenant à la Société, qu'arrivent non seulement les houilles, représentant 40,000 tonnes par an, mais aussi les fontes provenant soit d'Angleterre, soit de Longwy, par la voie de Dunkerque, et la ferraille, fournie principalement par les

arsenaux maritimes. La production du métal fondu, tenant en général 0.09 p. 100 de carbone seulement, est assurée par trois fours Siemens-Martin à sole en magnésie (un de 15 tonnes et deux de 20 tonnes). Les lingots, pesant 350 à 400 kilogrammes, sont, après réchauffage, laminés en bidons au moyen de deux trains; les bidons sont découpés à froid, réchauffés, puis laminés par 19 trains à fers noirs. Après dérochage, les fers noirs sont recuits en vases clos, redressés et polis par un laminage à froid, opéré au moyen de 15 trains spéciaux, décapés à nouveau, étamés et brossés. Les deux opérations s'effectuent mécaniquement, au moyen de 25 machines à étamer, la plupart du système Thomas-White, et d'essuyeuses de systèmes très divers.

Une partie du fer-blanc produit est imprimée par le procédé fondé sur le transport des couleurs par l'intermédiaire d'une feuille de caoutchouc. Ce procédé, appliqué pour la première fois par la Société des cirages français, exige le séchage des feuilles à une température variant entre 60 et 180 degrés après l'application de chaque couleur; pour obtenir rapidement ce séchage, la Société a créé un type spécial d'étuves, chauffées par de l'eau chaude sous pression, dans lesquelles le transport continu des feuilles imprimées s'effectue au moyen de chaînes sans fin. L'usine d'Hennebont possède 14 presses pouvant imprimer annuellement une surface de 4,500,000 mètres carrés de fer-blanc.

Pour extraire l'étain contenu dans les rognures de fer-blanc, et en même temps se donner le moyen de repasser sans inconvénient le fer de ces rognures dans les charges des fours Siemens-Martin, l'usine d'Hennebont a installé un traitement spécial fondé sur la dissolution de l'étain dans une solution de soude et de nitrate de soude chauffée à 80 degrés. On précipite ensuite, par un courant d'acide carbonique, l'acide stannique que l'on redissout dans une solution de soude caustique pour le précipiter une seconde fois par l'acide carbonique. On obtient ainsi ce produit dans un état de pureté et de finesse permettant de l'employer pour l'émaillage. La production annuelle d'acide stannique purifié est de 42 tonnes.

L'usine d'Hennebont utilise une force hydraulique de 500 chevaux, qui a été la raison initiale de sa création, et un ensemble de machines à vapeur développant ensemble 3,690 chevaux. Sur ce total, 440 chevaux sont employés par une station électrique centrale qui conduit tous les services accessoires des usines : cisaillage, étamerie, imprimerie, etc., et assure en même temps l'éclairage.

La partie de l'exposition de la Société des cirages français concernant la Classe 64 renfermait des spécimens du type unique de lingots employés, des tôles ayant moins d'un dixième de millimètre d'épaisseur embouties et rétreintes, de manière à faire ressortir leur grande douceur, du fer-blanc, des échantillons d'impressions, soit artistiques, soit de qualité courante, etc.

La Société générale des cirages français se trouvait hors concours à raison de la présence d'un de ses administrateurs dans le Jury de la Classe 64.

Groupe du Centre. — Les usines sidérurgiques du Centre de la France et de la Loire forment un ensemble aussi varié que complexe. Ces usines sont généralement

de création assez ancienne; elles ont été transformées à bien des reprises, d'autres fois fusionnées avant d'arriver à leur organisation actuelle. Dans la période 1860-1880 elles avaient tiré de grands avantages de l'emploi des procédés Bessemer et Siemens-Martin, mais l'invention des procédés d'affinage basique a donné aux usines de l'Est un avantage tellement accentué au point de vue économique que les usines du Centre ont dû renoncer à peu près complètement aux grosses fabrications et se limiter à la production d'articles spéciaux, d'un prix relativement élevé, tels que le matériel de guerre.

Elles ont, pour la plupart, renoncé à produire sur place les fontes leur servant de matière première. Certaines d'entre elles ont créé, sur le littoral, des usines annexes consommant des minerais importés et pouvant se livrer avantageusement à la fabrication de produits de qualité ordinaire, tout en alimentant de fonte l'usine mère, spécialisée dans d'autres fabrications. D'autres ont préféré acheter à des établissements de l'Est ou du Midi les fontes qu'elles affinent et transforment.

Les établissements du Creusot, appartenant à MM. Schneider et Cie, sont ceux qui possèdent, en France, la plus longue tradition en matière de sidérurgie au combustible minéral, car le premier haut fourneau au coke y a été mis à feu dès l'année 1787. Dans l'intervalle de plus d'un siècle qui nous sépare de cette date, ils ont eu à subir bien des vicissitudes. Jusqu'en 1836 les diverses sociétés qui les avaient exploités n'avaient pu réussir à leur assurer une marche régulière : il en fut autrement à partir du moment où MM. Eugène et Adolphe Schneider en prirent la direction. Après une période marquée principalement par le développement de la construction mécanique, de 1836 à 1860, le Creusot en connut une autre, caractérisée par le développement des grosses fabrications sidérurgiques. La nouvelle forge fut mise en activité, par parties, de 1863 à 1868, les premiers fours Siemens-Martin commencèrent à fonctionner en 1867, le premier groupe de 2 convertisseurs de 6 tonnes, en 1870. Pendant un certain temps, le Creusot occupa le premier rang parmi les usines françaises au point de vue du chiffre de production.

La découverte des procédés de déphosphoration vint modifier complètement, à partir de 1879, l'équilibre économique de la sidérurgie française en donnant aux usines de Meurthe-et-Moselle une supériorité incontestable pour la grosse fabrication courante. Ce n'est pas que le Creusot n'eût cherché immédiatement à tirer parti de la méthode nouvelle; dès 1879, il avait aménagé un groupe de convertisseurs en vue de la fabrication du métal basique. Mais les matières premières, minerai et coke, lui revenaient à un prix trop élevé pour qu'il pût soutenir longtemps la concurrence des aciéries de l'Est. Il renonça en 1886 à la fabrication des gros rails, et, tout en continuant à produire une quantité importante de barres courantes et de tôles, il tourna plus spécialement son activité dans une direction où elle s'était exercée déjà depuis 1870, vers la fabrication du matériel de guerre, des grosses pièces de forge et des moulages d'acier. Pour développer plus rapidement la première de ces spécialités, MM. Schneider et Cie ont acheté, en 1897, les ateliers d'artillerie du Havre, qui appartenaient à la Société anonyme des forges et chantiers de la Méditerranée. A une date toute récente, ils ont voulu s'assurer de nouveau la possibilité de fabriquer, dans de bonnes conditions économiques, les produits sidérur-

giques courants, spécialement ceux destinés à la construction maritime, et ont à cet effet, commencé, à Cette, la construction de hauts-fourneaux, d'une aciérie et de laminoirs.

L'usine du Creusot comprenait, en 1900, les groupes suivants :

1° 5 hauts fourneaux, alimentés par une batterie de 155 fours à coke, et desservis par 6 machines soufflantes et 20 appareils Cowper;

2° 2 convertisseurs de 8 tonnes, à revêtement basique, coulant dans une fosse circulaire desservie par 2 grues hydrauliques de 20 tonnes;

3° Une aciérie Siemens-Martin, comprenant 2 fours de 35 tonnes, 1 four de 25 tonnes, 1 four de 18 tonnes et 2 fours de 8 tonnes. Elle peut produire annuellement de 80,000 à 85,000 tonnes d'acier, en lingots pesant jusqu'à 150 tonnes.

Une presse de 10,000 tonnes sert, le cas échéant, à comprimer les lingots;

4° Un atelier de fours à puddler rotatifs, servant à produire des massiaux pour les fours Siemens-Martin;

5° Une fonderie d'acier, disposant de deux fours Siemens-Martin de 10 tonnes et d'un petit convertisseur;

6° Un atelier de forgeage de grosses pièces, comprenant 1 pilon de 100 tonnes, 1 de 40 tonnes et 1 de 20 tonnes, plus 4 presses de 1,200, 2,000, 3,000 et 6,000 tonnes;

7° Un atelier de trempe pour blindages et éléments de canons;

8° Un atelier pouvant produire par an de 12,000 à 15,000 tonnes de bandages pour chemins de fer;

9° Une grande halle de puddlage et de laminage, où se trouvent, avec les anciens trains à fer marchand, des trains à tôles et à blindages d'une puissance exceptionnelle.

Les autres branches de l'usine, telles que la construction mécanique et la construction électrique, le service de l'artillerie et des fortifications, n'intéressent la Classe 64 que par certaines de leurs parties, telles que les fonderies de l'atelier de construction, capables de produire 10,000 tonnes par an. Il convient également de signaler l'importance de l'usine de Perreuil, qui fournit annuellement aux usines du Creusot 18,500 tonnes de produits réfractaires.

Il existe au Creusot une station centrale d'électricité fort importante fournissant du courant alternatif monophasé à 2,000 volts. Des transformateurs Ganz réduisent la tension à 110 volts pour l'alimentation des 4,000 lampes à incandescence et des 400 lampes à arc qui sont en service.

Les usines du Creusot disposent d'une puissance motrice de 22,000 chevaux-vapeur; elles ont produit pendant l'exercice 1899-1900 :

Fer soudé.	Poutrelles		1,909 tonnes.
	Accessoires de rails		69
	Laminés	de qualité ordinaire (nos 2 et 3)	40,664
		de qualité supérieure (nos 4 et 5)	3,483
		de qualité fine (nos 6 et 7)	207
	Tôles de qualité ordinaire (nos 2 et 3)		606
	Total du fer soudé		49,938

Acier	Bandages	7,417 tonnes.
	Rails	5,375
	Accessoires de rails	3,045
	Poutrelles	17,230
	Laminés	26,071
	Tôles	33,181
	Total du métal fondu	92,319
Produits spéciaux	Moulages d'acier	1,347 tonnes.
	Pièces forgées	2,061
	Canons et frettes	587
	Blindages	2,528
	Total des produits spéciaux	6,523
	Total général	146,280

La Compagnie de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons a subi, depuis une quarantaine d'années, les mêmes vicissitudes que l'usine du Creusot : comme celle-ci, elle a dirigé l'activité de ses établissements du Centre du côté de la fabrication du matériel de guerre et de certains articles spéciaux. Nous allons décrire maintenant ces établissements, après avoir donné, à l'occasion de l'usine de Neuves-Maisons, des indications générales sur les origines et sur l'organisation actuelle de la Société.

L'usine de Commentry, que la Société de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons possède depuis son origine, comprend 2 hauts fourneaux marchant d'une manière un peu intermittente et alimentés par les minerais du Berry, auxquels on ajoute parfois des pyrites grillées ou de minerais d'importation. Ce sont des fourneaux de petites dimensions, munis d'appareils en fonte pour le chauffage du vent et ne produisant qu'une quarantaine de tonnes de fonte par jour.

La forge comprend 14 fours à puddler, 2 pilons de 1,500 kilogrammes, et un train à 3 cages pour l'étirage du fer brut. Le laminage s'effectue au moyen d'un gros mill et d'un moyen mill, actionnés l'un et l'autre par une machine unique de 780 chevaux, d'un petit mill à 7 cages et un train d'aisance conduit par une machine de 300 chevaux, un train à grosses tôles, formé de 4 cages et mû par une machine de 1,000 chevaux, enfin 2 trains à fers noirs, à 2 cages chacun. L'usine fabrique les fers-blancs et les tôles galvanisées.

L'usine Saint-Jacques, à Montluçon, a une importance beaucoup plus grande; c'est elle qui produit les blindages, le matériel de guerre, les pièces de forge et en général toutes les fabrications exigeant un métal de qualité supérieure. La matière première est obtenue dans 8 fours Siemens-Martin, dont 5 reçoivent des charges de 20 à 30 tonnes, un des charges de 35 à 40 tonnes, et dans 2 fours à creusets, renfermant 24 creusets chacun. Les derniers sont desservis par 2 fours de cémentation : on y obtient des aciers de composition variée, soit au carbone seul, soit au chrome, au tungstène ou au molybdène,

soit enfin au nickel, tels que ceux servant à obtenir des tôles pour masques d'affûts et des fils dont la résistance peut atteindre 200 kilogrammes par millimètre carré.

Pour l'élaboration courante du métal, l'usine renferme 1 train à poutrelles, 1 train machine, 2 trains marchands, 1 train pour aciers fins et 1 train à bandages.

Le travail de forge est assuré par 17 marteaux-pilons dont 10 de 20 tonnes, et par 3 presses à forger et à gabarier, dont les puissances respectives sont de 4,000, 1,500 et 120 tonnes.

Un train spécial, qui figurait à l'Exposition de 1889, sert à laminer les blindages. Cette fabrication nécessite l'emploi de 6 fours à cémenter, d'une bâche de 15×4×5 mètres pour la trempe par immersion, enfin d'un appareil de trempe par aspersion.

L'usine possède actuellement l'outillage de trempe nécessaire pour la fabrication des tubes à canons, jusqu'au calibre de 0 m. 305 inclusivement.

Elle a installé également, à une époque récente (1898), une fabrication de tubes en acier sans soudure, en métal de toute dureté, y compris l'acier au nickel donnant 68 kilogrammes de résistance et 40 p. 100 d'allongement.

La fabrication des moulages en acier y est pratiquée avec beaucoup de succès, ainsi qu'on le verra plus loin; l'application de ce procédé a été étendue jusqu'à l'exécution de plaques de blindage en métal extra-doux qui donneraient, par simple recuit, des résultats équivalents à ceux de l'acier analogue forgé et laminé. Un spécimen de cette fabrication, de 0 m. 200 d'épaisseur, figurait à l'Exposition; il avait résisté, sans fissuration appréciable, au choc de cinq projectiles de 0 m. 16, animés d'une vitesse de 355 mètres.

Les moulages de fonte trempée sont, depuis longtemps, une spécialité de l'usine de Saint-Jacques; un de leurs principaux débouchés est la fabrication des coupoles cuirassées, dont deux spécimens figuraient à l'Exposition. Le finissage de ces pièces et du matériel de guerre en général est fait principalement à la Ville-Gozet.

L'ensemble des deux établissements occupe 3,000 ouvriers et 230 employés.

La production annuelle de l'usine Saint-Jacques est la suivante :

	tonnes.		tonnes.
Poutrelles	12,000	Tôles pour masques d'affûts	100
Fer machine	10,000	Tôles à 20-25 p. 100 de nickel	500
Aciers marchands	2,000	Canons	500
Aciers à outils (obtenus au creuset)	1,000	Projectiles	250
Aciers moulés	2,000		pièces.
Pièces de forge	500	Bandages	20,000
Tubes sans soudure	500	Essieux	12,000
Blindages	3,500		

L'exposition de la Compagnie de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons présentait une série complète et souvent fort intéressante des fabrications si variées de cette compagnie. On y voyait notamment des sections verticales de lingots de 25 et de 50 tonnes; des

blindages d'épaisseurs et de compositions diverses ayant subi avec succès les épreuves de tir, des éléments de canons, des projectiles; des pièces de forge importantes, telles que l'arbre à deux coudes du *Sully*, pesant 8,000 kilogrammes, et une colonne en acier, de 12 m. 80 de long, de 0 m. 51 de diamètre et d'un poids de 21 tonnes, destinée à la presse de 4,000 tonnes de l'usine Saint-Jacques; des moulages d'acier remarquables; des pièces embouties à la presse; des tubes en acier sans soudure; des barres d'acier ou de fer, avec essais de traction; des fils, câbles, etc.

La Compagnie de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons se trouvait hors concours par suite de la présence de son directeur général dans le Jury de la Classe 64.

La Société anonyme de Commentry-Fourchambault et Decazeville a une organisation aussi complexe que celle de la Compagnie de Châtillon-Commentry et Neuves-Maisons.

Elle exploite les houillères de Commentry et de Montvicq dans l'Allier, de Bouxhors et de la Combelle dans le Puy-de-Dôme (bassin de Brassac), de Decazeville dans l'Aveyron, des forges et des aciéries à Montluçon (Allier), à Fourchambault et à Imphy (Nièvre), et à Decazeville. Elle occupe 6,800 ouvriers dans ses houillères, 3,400 dans ses usines et produit annuellement, dans ces dernières, 56,000 tonnes de laminés, 17,000 tonnes de moulages de fonte et d'acier, 7,000 tonnes de fer machine et de fils, 2,000 tonnes de pièces de forge, 2,500 tonnes de ressorts, essieux et pièces diverses.

L'usine de Montluçon est consacrée spécialement à la fabrication des moulages en première fusion, notamment des tuyaux en fonte. Elle possède deux hauts fourneaux pouvant produire 25,000 tonnes de fonte par an, des ateliers de fonderie et une station centrale d'électricité développant 300 chevaux.

La forge de Fourchambault comprend : quatre fours Siemens-Martin à sole basique, dont trois de 12 tonnes et un de 20 tonnes, pouvant produire des lingots, d'un poids maximum de 25 tonnes, à raison de 30,000 tonnes par an; un gros mill à cylindres de 0 m. 70, commandé par une machine verticale de 1,000 chevaux et pouvant produire 25,000 tonnes par an en travaillant de jour seulement; deux petits mills pouvant produire 3,000 tonnes dans les mêmes conditions; un train-machine desservi par un four à gaz de 10 mètres de longueur et composé d'un dégrossisseur système Bedson et d'un train de serpentage, avec une production de 30 tonnes par poste; enfin, une tréfilerie pouvant fournir 6,000 à 8,000 tonnes par an, avec un atelier de galvanisation pour les fils.

L'usine d'Imphy comprend : deux fours Siemens-Martin à sole acide de 5 et de 8 tonnes; un four Siemens à 30 creusets produisant 1,000 à 1,200 tonnes d'acier par an; un atelier de moulage d'acier desservi par un pont roulant électrique de 15 tonnes et par un certain nombre de grues, pouvant produire de 1,500 à 2,000 tonnes de moulage par an; un gros mill, un moyen mill, un petit mill pouvant produire 2,000 tonnes par an, et deux trains à tôles pouvant produire 2,000 tonnes; un atelier de forge installé dans une halle de 70 mètres sur 35, avec une presse Breuer-Schumacher de 1,500 tonnes pouvant forger des lingots de 30 tonnes, un pilon de 12 tonnes, deux pilons de 6 tonnes et un

pilon de 4 tonnes; une installation de trempe et de recuit des canons; un atelier de ressorts pouvant livrer 3,000 tonnes par an; enfin, un atelier pour la fabrication des pelles et versoirs de charrues pouvant produire 600,000 pelles par an.

L'usine de Decazeville possède deux hauts fourneaux avec huit appareils Cowper, produisant ensemble 140 tonnes de fonte par jour; trois fours Siemens-Martin de 12 tonnes, à sole basique produisant ensemble 20,000 tonnes de lingots par an; neuf fours à puddler, dont un double, avec leurs pilons et leur train spécial produisant ensemble 10,000 tonnes par an; un blooming, un gros mill, deux moyens mills et deux petits mills pouvant fournir 40,000 tonnes de laminés par an; enfin, un train à tôles et larges plats produisant 3,000 tonnes.

L'exposition de la Société comprenait des échantillons très variés de sa fabrication, profilés, moulages d'acier, etc., et d'intéressants spécimens d'acier au nickel.

Un grand prix a été décerné à la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville dans la Classe 64.

Parmi les sociétés ayant leur siège dans la Loire, on doit citer en première ligne la Compagnie des forges et aciéries de la marine et des chemins de fer. Cette société a eu pour origine les établissements créés par MM. Petin et Gaudet, à Rive-de-Gier, de 1837 à 1842, en vue de la fabrication des pièces de forge. Elle a continué depuis à développer cette fabrication dans les diverses usines qu'elle possède dans la Loire, mais elle y a joint, depuis 1881, celle de la fabrication du matériel fixe de chemins de fer à l'usine du Boucau (Basses-Pyrénées), créée spécialement à cet effet. Elle a renoncé à exploiter l'usine de Givors (Loire) où elle possédait trois hauts fourneaux, produisant chacun de 50 à 60 tonnes de fonte par vingt-quatre heures, avec deux convertisseurs Bessemer qui fournissaient autrefois à l'usine de Saint-Chamond des lingots destinés à être transformés en rails et en profilés marchands.

Toute la grosse fabrication se trouve donc concentrée aujourd'hui à l'usine du Boucau, construite de 1882 à 1884 près de l'embouchure de l'Adour, de manière à recevoir par mer les minerais de Bilbao et les charbons anglais. Quatre pontons établis sur l'Adour et munis chacun de deux ou de trois grues à vapeur peuvent y décharger, en seize heures, des navires de 1,800 tonneaux.

L'usine comprend : une batterie de fours à coke; quatre hauts fourneaux produisant chacun 70 tonnes par jour; deux cubilots pour la production des fontes spéciales; trois convertisseurs acides; deux fours Siemens-Martin de 15 tonnes; un train ébaucheur et un train finisseur pour rails et poutrelles au-dessus de 0 m. 30, actionnés par des machines réversibles de 5,000 et 6,000 chevaux; un train pour fers marchands, cornières et poutrelles jusqu'à 0 m. 22; un train-machine pouvant produire 500 tonnes par mois; un atelier à bandages avec un pilon de 6 et un de 12 tonnes; un train ébaucheur et un finisseur; enfin, un atelier pour la fabrication des coins métalliques, pouvant produire de 3 à 4 millions de coins par an.

La production mensuelle de l'usine du Boucau peut atteindre 8,000 tonnes de fonte et 5,000 à 6,000 tonnes de rails ou autres produits laminés.

Les usines de la Loire appartenant à la Compagnie des forges et aciéries de la marine et des chemins de fer ont pour objet la fabrication des produits sidérurgiques exigeant une élaboration compliquée et celle du matériel de guerre. La plus importante est celle de Saint-Chamond, qui comprend les ateliers suivants :

1° Une aciérie Siemens-Martin se divisant en deux ateliers : l'un, destiné à la coulée de gros lingots pesant jusqu'à 100 tonnes, renferme trois fours de 10 à 15 tonnes et quatre fours de 30 tonnes; il est desservi par un pont roulant de 150 tonnes et deux de 30 tonnes.

L'autre possède trois fours de 20 tonnes et pourra par la suite en recevoir un plus grand nombre. Il est destiné à produire les lingots d'un poids inférieur à 5 tonnes.

A l'aciérie n° 1 est annexée une fonderie d'acier permettant de fabriquer des pièces de très grandes dimensions et de produire facilement 100 tonnes de moulages par mois.

2° Un puddlage destiné à la production des fers supérieurs, des aciers puddlés et de massiaux pour la fabrication des aciers à canons. Il traite des fontes fines provenant du Boucau et peut produire 8,500 kilogrammes par vingt-quatre heures;

3° Des ateliers de forgeage et de laminage disposant de pilons de 5 à 15 tonnes, de trains à bandages, d'un grand mill et d'un moyen mill;

4° Un atelier pour tôles et blindages, comprenant un train à blindages avec quatre fours à réchauffer, deux trains à tôles et un train universel pour très gros profilés. Des trains à tôles, l'un peut laminer des pièces de 2 m. 20 de large sur 10 à 15 mètres de long, l'autre, pour tôles moyennes, peut descendre aux épaisseurs de 0 m. 002 et même 0 m. 001. Cet outillage va être remplacé par un autre beaucoup plus puissant;

5° Un atelier dit *de grosse forge*, pour le travail des pièces de canon, blindages, etc., contenant un pilon de 100 tonnes, un de 35, un de 15, un de 10, un de 4 et un de 2 tonnes, plus une presse de 6,000 tonnes;

6° Un atelier de trempe et de recuit pour les canons, frettes, obus, etc.;

7° Un ensemble d'ateliers d'entretien et de construction, notamment une fonderie pouvant livrer des moulages de 130 tonnes, un atelier de chaudronnerie de 150 mètres de longueur et de 32 mètres de largeur totale, servant surtout à la préparation des tourelles cuirassées, un atelier d'usinage formé de deux halles identiques à la précédente et servant au finissage des blindages et du matériel d'artillerie, etc.

L'usine d'Assailly a pour spécialité la production et l'étirage de l'acier, le moulage d'acier et la fabrication des tôles fines. Elle possède deux fours Siemens-Martin de 12 tonnes, quatre fours de 24 creusets, chauffés au gaz et pouvant produire 12 tonnes de lingots par vingt-quatre heures, six fours à puddler travaillant pour acier et chauffés au gaz, trois fours à cémenter de 20 tonnes et un de 30 tonnes, un atelier de moulage pour pièces moyennes et petites, huit pilons et deux martinets pour étirage de l'acier, un gros mill avec trio-ébaucheur de 0 m. 60, un moyen mill de 0 m. 34, un petit mill de 0 m. 25, une tôlerie pour tôles au-dessous de 0 m. 005, un atelier pour la fabrication des ressorts de tout genre et des rondelles Belleville, pouvant produire 200 tonnes par mois, enfin un important atelier de produits réfractaires.

Les usines de Rive-de-Gier s'occupent exclusivement des travaux de forge. Elles comprennent deux ateliers, dont l'un contient 10 pilons de 3 à 35 tonnes et une presse de 3,000 tonnes, l'autre six marteaux-pilons de 2 à 40 tonnes. Le premier fabrique les essieux de chemins de fer, les arbres coudés ou droits pour machines marines, les étambots, étraves, gouvernails, etc.; il peut produire 10,000 tonnes par an.

Le second est monté spécialement pour le matriçage des roues et des obus, des pièces d'affûts, etc. Il peut produire annuellement 25,000 roues, soit de 5,000 à 6,000 tonnes.

L'exposition de la Compagnie des forges et aciéries de la marine et des chemins de fer, dans la Classe 64, comprenait un grand nombre de pièces intéressantes, parmi lesquelles nous citerons les énormes moulages d'acier pesant, après finissage, l'un 65 tonnes, l'autre 25 tonnes, et destinés à la presse de 6,000 tonnes de l'usine de Saint-Chamond; un corps arrière, pour canon de 0 m. 305, pesant 26,600 kilogrammes, obtenu par forgeage au pilon sur mandrin; une poutrelle en acier de 0 m. 50 de hauteur sur 18 mètres; des obus de rupture de types très divers; des obus de grande capacité ayant jusqu'à 1 m. 375 de longueur pour un calibre de 0 m. 275, obtenus par forgeage en étampe, en partant d'un bloc et non d'une tôle; des blindages de 0 m. 220 à 0 m. 250 d'épaisseur, ayant subi les épreuves de tir; des moulages pour chaudières et conduites de vapeur essayés à 30 kilogrammes par centimètre carré et donnant une moyenne de 50 à 55 kilogrammes de résistance avec 15 à 20 p. 100 d'allongement sur éprouvettes de 0 m. 10; des cages de tampons et des faux-tampons en acier moulé essayés au choc avec un pilon de 5 tonnes tombant de 0 m. 80; des arbres coudés pesant jusqu'à 10 à 11 tonnes; de nombreux échantillons de fontes, de rails et de profilés provenant de l'usine du Boucau, etc.

La Compagnie des forges et aciéries de la marine et des chemins de fer a obtenu un grand prix dans la Classe 64.

La fondation de la maison Marrel frères remonte à la même époque que celle des ateliers Petin et Gaudet, origine de la Compagnie des forges et aciéries de la marine et des chemins de fer, mais cette maison ne s'est pas transformée en société anonyme, comme sa concurrente, et elle est restée plus nettement spécialisée dans la fabrication des grosses pièces de forge. Ses usines primitives, situées à Rive-de-Gier et à la Capelette, près Marseille, sont toujours en activité, mais le centre principal de son industrie se trouve aujourd'hui aux Étaings, près de Rive-de-Gier.

L'usine de la Capelette s'occupe exclusivement de la fabrication des ancres de toutes formes, plus spécialement du type Risbec, de celle des chaînes de tous genres et de toutes dimensions, enfin de celle des pièces de forge pour constructions navales pesant moins de 10 tonnes et de la soudure des éléments de pièces analogues, mais de plus grandes dimensions, préparées à Rive-de-Gier.

Cette usine dispose de 7 marteaux-pilons de 1 à 25 tonnes.

L'usine de Rive-de-Gier ne fait également que du travail de forge, au-dessous de certaines limites de poids et de dimensions; la production des lingots et le travail

des plus grosses pièces sont concentrés à l'usine des Étaings. L'étendue de l'usine de Rive-de-Gier est très limitée, 2 hectares environ, et ne saurait être augmentée. Les gros pilons de 10 à 25 tonnes sont placés sous une halle de 170 mètres sur 20; un autre groupe de trois halles accolées, ayant en tout 50 mètres sur 40, contient les petits pilons, de 1 à 7 tonnes, et les forges à main. Un bâtiment spécial, de 15 mètres sur 20, recouvre l'atelier où se pratique la trempe verticale des canons jusqu'à la longueur de 28 mètres. On produit dans cette usine des arbres droits ou coudés, des étraves, étambots, etc., pesant jusqu'à 35 tonnes, des tubes et corps de canons ayant jusqu'à 8 mètres de longueur, des obus jusqu'au calibre de 0 m. 32, etc.

Les pièces de plus fortes dimensions sont fabriquées à l'usine des Étaings, qui occupe une superficie de 12 hectares près de Rive-de-Gier. La fonderie d'acier, placée sous une halle de 100 mètres sur 45, contient quatre fours Siemens-Martin de 35 tonnes et un certain nombre de fours plus petits. Une autre halle, de 90 mètres sur 30, contient un atelier de puddlage, une fonderie d'acier au creuset et l'outillage de trempe des frettes et blindages.

Le travail de forge est installé sous un ensemble de halles ayant 170 mètres de long sur 70 mètres de large; son outillage comprend un pilon de 50 tonnes et un de 100 tonnes, un train à blindages, du type universel, à cylindres horizontaux de 1 m. 05 de diamètre et de 3 m. 30 de table, un atelier où se pratiquent la trempe et le recuit des blindages et des tôles, enfin un atelier de fabrication des obus de grande capacité.

La maison Marrel frères présentait, dans son exposition, de remarquables échantillons de plaques de blindage ayant subi les essais de recette, un corps de canon de 0 m. 305, tiré d'un lingot de 60 tonnes et pesant 25,200 kilogrammes, de nombreux spécimens d'éléments de canons, d'arbres coudés, etc. Elle a obtenu un grand prix.

La Compagnie des fonderies, forges et aciéries de Saint-Étienne fabrique les pièces de forge et les blindages de dimensions moyennes, les obus en acier, les tôles, les bandages, enfin les moulages en acier.

Son outillage comprend 20 fours à puddler, 8 fours Siemens-Martin, 55 fours à réchauffer, 8 fours à recuire, 7 trains pour fer et acier marchands, 7 laminoirs à tôles, 2 laminoirs à bandages, 18 marteaux-pilons dont le plus lourd pèse 65 tonnes, 112 chaudières et 75 machines à vapeur développant en tout 4,200 chevaux. Les bâches à huile et à eau qu'elle possède permettent la trempe de tubes à canons ayant jusqu'à 15 mètres de longueur et de blindages pesant jusqu'à 25 tonnes.

La production annuelle de la Compagnie est de 34,000 tonnes de lingots et de 1,600 tonnes de fer ou acier puddlés.

Son exposition comprenait des blindages ayant au maximum 0 m. 08 d'épaisseur, un tube de protection des monte-charges des tourelles du croiseur *Gloire*, pesant 12,500 kilogrammes, des frettes-tourillons pour canons de gros calibres, un bandage de roue de locomotive ayant 2 m. 80 de diamètre, un disque de tôle ayant 2 m. 66 de diamètre sur 0 m. 015 d'épaisseur, des moulages d'acier très variés, parmi lesquels des châssis

d'affûts de canon, des pistons sectionnés suivant leur axe, une hélice de 3 m. 20 de diamètre, etc.

On y remarquait une série d'ébauches représentant les phases successives de la fabrication, par poinçonnage, d'un obus de rupture, et 8 lingots coupés suivant leur axe, de manière à faire ressortir les avantages d'un procédé de compression de l'acier, breveté par la Société.

La Compagnie des fonderies, forges et aciéries de Saint-Étienne a obtenu un grand prix.

La Société des aciéries et forges de Firminy dérive de l'ancienne Société F. Verdié et Cie, fondée en 1854 en vue d'exploiter un brevet pris par son gérant pour la fabrication de produits mixtes, en acier soudé sur fer. L'invention du procédé Bessemer enleva bien vite tout intérêt pratique à ce procédé; mais la Société trouva peu après, dans l'application du procédé Siemens-Martin, une voie largement ouverte à son activité. C'est dans les usines de Firminy que ce procédé a reçu réellement sa première application en grand; il y fut employé pendant la période 1867-1889, non seulement à la production de pièces nécessitant l'emploi d'un métal de qualité supérieure, mais aussi à la fabrication des rails, ce qui permit aux aciéries de Firminy d'atteindre en 1877-1878 un chiffre de production de 27,000 tonnes.

Pendant la même période, en 1873, on avait installé à Firminy un haut fourneau qui est actuellement le seul en activité dans le bassin de la Loire.

A partir de 1883, la Société de Firminy se rendit compte de la nécessité de renoncer à la fabrication des produits à bas prix; elle reporta son activité sur des produits de valeur relativement élevée, tels que les aciers à outils, les canons et les projectiles en acier, les essieux, les fils d'acier à grande résistance, les moulages d'acier, etc.

Son usine comprend actuellement 1 haut fourneau, 1 cubilot Rollet pour l'épuration des fontes, 8 fours Siemens-Martin, 3 fours Siemens à creusets, 2 fours de cémentation, 20 fours à puddler avec leurs pilons de cinglage, 1 atelier de moulage d'acier, 1 gros mill, 2 moyens mills, 2 trains cadets et 2 petits mills avec leurs fours à réchauffer, 4 martinets d'étirage, 5 pilons pour corroyage des aciers fins, 1 laminoir à bandages, 1 train-machine et une tréfilerie, 1 atelier de forge contenant 12 marteaux-pilons depuis 1 tonne jusqu'à 40 tonnes, avec leurs accessoires, 1 atelier pour la fabrication des ressorts, 1 pour la fabrication des essieux, 1 pour la fabrication des enclumes en acier fondu.

Elle possède 62 chaudières et 60 machines pouvant développer plus de 3,000 chevaux. Sa surface totale est de 38 hectares; elle occupe 3,000 ouvriers environ.

Elle livre annuellement de 16,000 à 17,000 tonnes de produits finis.

L'exposition des Aciéries de Firminy était des plus variées. Le service du haut fourneau y était représenté par une série considérable d'échantillons de minerais et de fontes, avec analyses qui seront reproduites plus loin, celui de l'aciérie par des barres d'acier corroyées ou fondues, contenant soit du carbone seulement, soit du nickel, du chrome, ou tungstène, du molybdène, avec indication de leurs coefficients mécaniques.

En fait de matériel de chemins de fer, on y voyait une série de huit bandages, de 0 m. 840 à 3 m. 230 de diamètre, un essieu monté de la Compagnie du Midi, des ressorts de modèles divers, en acier, soit au carbone, soit au tungstène, etc.

IMPRIMERIE NATIONALE

Les pièces de forge étaient représentées notamment par un arbre à deux coudes pour croiseur de 1re classe, pesant 7,800 kilogrammes, par un arbre à un coude et deux plateaux, pour paquebot, du poids de 8,000 kilogrammes, enfin par une bielle motrice en acier au nickel, trempé, pesant 2,320 kilogrammes.

La fabrication des moulages d'acier est déjà ancienne à Firminy; elle représente un tonnage de plus de 1,500 tonnes par an. Les coefficients mécaniques obtenus sont 45 à 60 kilogrammes comme résistance de rupture, 30 kilogrammes comme limite élastique et 10 à 22 p. 100 d'allongement. Un spécimen remarquable de cette fabrication figurait à l'Exposition; c'était un cylindre de machine marine, avec ses boîtes de distribution pour tiroirs cylindriques, pesant en tout 6,200 kilogrammes. Le cylindre avait 1 m. 600 de hauteur, 1 m. 220 de diamètre, avec 0 m. 340 d'épaisseur; ses boîtes de distribution avaient 1 m. 700 de hauteur, 0 m. 620 de diamètre et une épaisseur de 0 m. 030. L'épreuve hydraulique avait été faite sous une pression de 24 kilogrammes.

La Société anonyme des aciéries et forges de Firminy a obtenu un grand prix.

Les usines que nous venons de décrire ne sont pas les seules dans le bassin de la Loire qui aient une réelle importance au point de vue sidérurgique, et qui produisent des lingots, soit au creuset, soit au four Siemens-Martin.

A l'Exposition même, on pouvait apprécier à leur juste valeur des établissements tels que la maison Jacob Holtzer et Cie, à Unieux, et la maison Claudinon et Cie, au Chambon-Feugerolles. Mais la spécialisation de ces deux usines nous conduit à reporter plus loin leur description.

Groupe du Midi. — L'expression de *groupe* appliquée à l'ensemble des usines sidérurgiques du midi de la France est d'une exactitude médiocre, car ces usines, peu nombreuses, sont assez éloignées les unes des autres et travaillent dans des conditions fort différentes. Nous avons déjà eu l'occasion de décrire l'une d'elles, celle du Boucau, près Bayonne (Basses-Pyrénées), en même temps que les autres établissements de la Compagnie des forges et aciéries de la marine et des chemins de fer. Il ne nous reste donc à mentionner ici que deux établissements appartenant à cette région, la Société métallurgique de l'Ariège et la Compagnie des mines, fonderies et forges d'Alais. La Société des hauts fourneaux, forges et aciéries du Saut du Tarn, consacrée spécialement à la fabrication de l'acier au creuset, figurera dans un chapitre distinct.

La Société métallurgique de l'Ariège n'avait, il y a fort peu de temps encore, aucun de ses établissements en dehors du département dont elle porte le nom; c'est à une date très récente qu'elle a acquis, dans l'Aveyron, les mines de houille de Bouquiès et de Latapie, en vue de s'assurer directement son approvisionnement de combustible.

Sa production de fonte est alimentée par les hématites brunes et les fers spathiques de Rancié ainsi que par les minerais oxydulés de Puymorens : elle est obtenue dans deux hauts fourneaux, l'un à Berdoulet, près de Foix, l'autre à Tarascon (Ariège). Le chiffre total de cette production, de 110 tonnes par jour, devait être plus que doublé

par la mise à feu, au milieu de l'année 1900, d'un nouveau haut fourneau récemment construit à Tarascon et pouvant produire 120 tonnes par vingt-quatre heures.

L'affinage de la fonte et l'élaboration des divers produits marchands s'effectue dans les usines de Pamiers, de Saint-Pierre (près Foix) et de Saint-Antoine. La première de ces usines est de beaucoup la plus importante : elle comprend 16 fours à puddler, 3 fours Siemens-Martin, à sole acide, 1 four Siemens à 12 creusets, 10 fours à réchauffer, 14 marteaux-pilons, 6 trains pour fers et aciers marchands, 1 train pour feuillards, 2 trains à bandages, un atelier de moulage de fonte, un de moulage d'acier, un atelier de fabrication de roues de chemins de fer, un atelier pour fabrication de produits d'artillerie, un pour fabrication de ressorts et une tréfilerie. Sa force motrice totale est de 2,000 chevaux.

L'usine de Saint-Pierre comprend seulement un four de cémentation, un four de fusion au creuset et six martinets pour l'élaboration des fers et aciers.

Celle de Saint-Antoine sert exclusivement à la fabrication des boulons, rivets, tire-fonds, etc.

La production annuelle des usines de la Société métallurgique de l'Ariège est d'environ 25,000 tonnes par an. Les principales spécialités qu'elle comprend sont les ressorts de carrosserie, les bandages de chemins de fer, que l'outillage existant permet de laminer jusqu'à 2 m. 10 de diamètre, les essieux pour locomotives et wagons, les tampons et ressorts de chemins de fer, les roues montées, les aciers corroyés ou fondus, étirés au marteau, les tubes, jaquettes et frettes à tourillons pour canons de dimensions moyennes, les projectiles et divers autres objets se rattachant au matériel de guerre.

La Société métallurgique de l'Ariège a obtenu une médaille d'or.

La Compagnie des mines, fonderies et forges d'Alais possède deux grandes usines sidérurgiques, à Tamaris, près Alais, et à Bessèges (Gard), ainsi que deux petites usines de transformation au Breuil et à la Sauvanière (Loire).

L'usine de Tamaris avait autrefois pour spécialité la production du fer puddlé, mais la substitution du métal fondu au métal soudé s'y effectue progressivement. Ce dernier n'entre plus que pour un cinquième environ dans le total de la production.

Les hauts fourneaux y sont au nombre de 6, dont 3 sont en activité. Ils traitent les minerais de la concession d'Alais, appartenant à la Société, minerais un peu sulfureux, mais très peu phosphoreux, en même temps que des minerais d'Espagne, des Pyrénées, etc. Leur approvisionnement en coke est assuré par 70 fours Carvès et 20 fours Coppée, alimentés par les houilles de la concession de Trélys qui appartient à la Société. Ils produisent des fontes tenant 0.05 p. 100 de phosphore au maximum qui trouvent facilement un débouché dans les aciéries de la Loire.

L'aciérie se compose de deux fours Siemens-Martin, de 15 à 20 tonnes, à sole en fer chromé, coulant soit directement, soit à la poche. Ces fours sont desservis par 3 grues, de 12, 6 et 3 tonnes.

L'usine possède 5 fours à puddler doubles, du type Bicheroux, et 1 train de puddlage.

Le laminage s'effectue au moyen d'un moyen mill et de deux petits mills, avec un dégrossisseur, le tout desservi par 13 fours à réchauffer.

L'usine de Tamaris possède enfin une fonderie contenant 2 cubilots, 4 fours à creusets, 3 grues et 2 ponts-roulants, des ateliers de construction (chaudronneries, forges, etc.), assez puissants pour livrer, de même que la fonderie, une quantité importante de produits au commerce; enfin, une fabrication de chaînes de 0 m. 006 à 0 m. 060.

Elle peut produire annuellement 50,000 tonnes de fonte brute, 20,000 tonnes de lingots d'acier, 20,000 tonnes de laminés, 2,500 tonnes de fontes moulées et 1,000 tonnes de chaînes et de produits d'atelier.

L'usine de Bessèges a toujours été essentiellement une aciérie, avec laminoirs pour rails et gros profilés. Elle possède 3 hauts fourneaux dont un vient d'être reconstruit sur un type moderne, avec charpente métallique. Ces hauts fourneaux produisent des fontes dont la composition varie, suivant qu'elles sont destinées au Bessemer, au travail sur sole ou au moulage.

L'usine possède 4 petits convertisseurs Bessemer et 3 fours Siemens-Martin à sole basique, coulant des lingots dont le poids ne dépasse pas 3,000 kilogrammes.

L'installation de laminage comprend : un blooming et un gros mill, en trio, actionnés par une machine de 1,500 chevaux (le blooming est desservi par un releveur à rouleaux réversibles et par un crochetage mécanique du système Delattre), un moyen mill et un atelier de finissage. On y fabrique des billettes de 0 m. 04 à 0 m. 08 de côté, des poutrelles ne dépassant pas 0 m. 260, des rails de 4 kilogr. 5 à 50 kilogrammes par mètre, des cornières jusqu'à 0 m. 150 sur 0 m. 150, des ronds de 0 m. 65 à 0 m. 125, des carrés de 0 m. 65 à 0 m. 100, des plats de 0 m. 55 à 0 m. 110 sur une épaisseur de 0 m. 008 à 0 m. 030. La longueur de laminage est de 24 mètres pour les rails, de 27 mètres pour les poutrelles.

Les ateliers de construction sont assez importants pour livrer au dehors des appareils de voie, des plaques tournantes, des charpentes métalliques, etc.

Une boulonnerie produit des tirefonds filetés à chaud avec 2 machines Faugier.

L'usine de Bessèges peut produire annuellement 60,000 tonnes de fonte brute, 80,000 tonnes de produits laminés, 2,500 tonnes d'appareils de voie et de constructions métalliques, 2,400 tonnes de tirefonds, rivets et crampons.

La Société des forges d'Alais possède, outre ses usines du Gard, deux petits établissements situés dans la Loire, ayant pour but principal la fabrication des pelles, bêches et outils divers d'agriculture; la production y a été de 2,500 tonnes en tout pendant l'année 1899.

La principale de ces usines, celle du Breuil, renferme un four à puddler, travaillant pour acier de forge, et une masserie de fer et d'acier. Elle reçoit, en outre, de Bessèges et de Tamaris des lingots, billettes et largets de métal fondu qui sont laminés par un moyen et un petit mill, actionnés par une machine de 80 chevaux, et par un train à tôles, actionné par une machine de 40 chevaux.

Un grand prix a été décerné, dans la Classe 64, à la Compagnie des mines, fonderies et forges d'Alais.

ALLEMAGNE.

L'importance de l'industrie sidérurgique allemande est de premier ordre; elle égale sensiblement celle de la même industrie dans la Grande-Bretagne. Si la production annuelle de fonte est supérieure dans le Royaume-Uni, celle de l'acier est plus considérable en Allemagne.

L'Exposition de 1900 ne permettait pas de se faire la moindre idée de la puissance de la sidérurgie dans ce dernier pays, car aucune de ses nombreuses forges ou aciéries n'y était représentée. Nous nous bornerons donc à rappeler que les 7,160,000 tonnes de fonte obtenues en 1899 se répartissent entre les principaux districts à raison de 44 p. 100 environ pour la région westphalienne, 10 p. 100 pour le pays de Siegen, 27 à 28 p. 100 pour l'Alsace-Lorraine et 11 à 12 p. 100 pour la Haute-Silésie, le reste, soit 7 p. 100 environ, étant réparti entre diverses régions de l'empire. Une fraction importante de la production, surtout en ce qui concerne le district westphalien, est obtenue au moyen de minerais importés.

Ces chiffres ne comprennent pas les 983,000 tonnes de fonte obtenues dans le grand-duché de Luxembourg. On trouvera plus loin des détails sur cette dernière production.

Les exposants, peu nombreux, qui figuraient dans la section allemande de la Classe 64 se rattachaient à des spécialités métallurgiques diverses auxquelles seront consacrés des chapitres particuliers.

AUTRICHE.

L'industrie sidérurgique de l'Autriche n'était guère mieux représentée que celle de l'Allemagne, car aucune des grandes usines de ce pays ne figurait à l'Exposition. On peut se faire une idée de la répartition de l'industrie du fer et de l'acier sur le territoire autrichien par le tableau suivant, résumant la production de la fonte en 1899 (en tonnes métriques) :

PROVENANCE.	FONTE		TOTAL.
	D'AFFINAGE.	DE MOULAGE.	
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Bohême	247,966	16,756	264,722
Basse-Autriche	46,007	7,817	53,824
Moravie	204,053	72,141	276,194
Silésie	33,280	20,508	53,788
Styrie	255,087	645	255,732
Carinthie	25,908	1,117	27,025
Trieste	56,845	//	56,845
Divers	3,203	5,049	8,252
TOTAUX	872,349	124,033	996,382

La production de la fonte, à Servola, localité située dans le voisinage immédiat de Trieste, est alimentée par des cokes de provenance anglaise et par des minerais importés, pour la plus grande partie du moins.

Les autres usines autrichiennes s'approvisionnent en général de matières premières dans le pays même. Cependant le groupe de Moravie-Silésie, formé principalement par les usines de Witkowitz et de Trzynietz, fait venir ses minerais surtout du nord de la Hongrie et importe en même temps une certaine quantité de minerai de Suède à haute teneur. Il dispose d'ailleurs de coke d'excellente qualité, circonstance peu ordinaire en Autriche.

Les usines de Bohême traitent presque uniquement les minerais locaux interstratifiés dans les assises siluriques; ces minerais sont assez phosphoreux. Deux seulement de ces usines ont une importance considérable; ce sont celles de la Böhmische Montangesellschaft à Königshof et celle de la Prager Eisenindustrie-Gesellschaft à Kladno.

La Styrie, la Carinthie et la Basse-Autriche (où fonctionne à Schwechat, près Vienne, une grande aciérie) se trouvent dans des conditions particulières au point de vue économique.

L'industrie sidérurgique y est concentrée entre les mains d'une puissante société, l'Oesterreichische Alpine Montangesellschaft, qui possède les deux gîtes principaux de minerai de fer de la région, ceux de Eisenerz et de Hüttenberg, en même temps que la plupart des usines à fer et acier. Elle a remanié ces usines en vue de concentrer la production de la fonte et à l'obtenir ainsi dans les meilleures conditions possibles, la fonte au bois à Eisenerz, la fonte au coke à Donawitz, près Leoben. Dans cette dernière localité, elle a créé, à une époque récente, une grande usine de transformation, qui, comme celle de Schwechat, reçoit son coke de Mährisch-Ostrau.

Les fontes obtenues avec les minerais spathiques de la Styrie et de Carinthie ne contiennent que des quantités insignifiantes de phosphore; quand elles ont été produites au charbon de bois, elles sont également presque exemptes de soufre et peuvent, par un affinage conduit avec les précautions convenables, donner des aciers d'une qualité comparable à celle des aciers de Suède. Ces fontes forment la base des fabrications de la maison Böhler frères et Cie et, pour une partie au moins, de celles des usines Skoda; ces deux établissements, les seuls exposants de la section autrichienne de la Classe 64, seront mentionnés dans des chapitres spéciaux.

Les usines de Bohême, Moravie et Silésie ne pratiquent guère que les fabrications courantes, comportant de gros tonnages.

BOSNIE-HERZÉGOVINE.

La Bosnie renferme un grand nombre de gisements de minerais de fer; la sidérurgie s'y était développée autrefois sous sa forme primitive, celle de la production directe du fer dans des appareils analogues aux anciens stücköfen allemands, appareils connus

en Bosnie sous le nom de *majdans*. Il en reste encore un en activité dans le nord-ouest du pays, près de Stari-Majdan.

Après la cessation de la domination turque, le Gouvernement autrichien, préoccupé de développer dans le pays l'industrie sidérurgique sous une forme plus avancée, entreprit, en 1886, la reconnaissance du puissant gîte de fer de Vareš; cette reconnaissance effectuée, il construisit un haut fourneau et une fonderie à proximité du gisement. En 1895, il fonda la Société anonyme de l'industrie du fer de Vareš, dont il est resté l'actionnaire principal et dont il a conservé la direction. L'installation d'un deuxième haut fourneau, alimenté au charbon de bois comme le premier, mais de grandes dimensions et d'un type tout moderne, porta à 40,000 tonnes par an la puissance productive de l'établissement.

Les fontes produites à Vareš sont transformées en fer et en acier, dans l'usine de Zenica, au moyen de combustible minéral extrait de l'important bassin oligocène qui s'étend de Travnik jusqu'à Serajevo, c'est-à-dire sur une longueur de plus de 70 kilomètres; le combustible est un lignite de bonne qualité tenant, à Zenica, 6.5 p. 100 de cendres, 11.8 p. 100 d'eau hygrométrique et 2.5 p. 100 de soufre; son pouvoir calorifique est évalué à 5,120 calories.

L'usine de Zenica se composait simplement à l'origine, c'est-à-dire en 1894, de deux fours à puddler et d'un train de laminoir à trois paires de cages. On y a monté plus tard un four Siemens-Martin; on y installe actuellement un deuxième four semblable et un laminoir plus puissant.

Les Sociétés de Vareš et de Zenica ont obtenu l'une et l'autre une médaille d'argent dans la Classe 64.

BELGIQUE.

La Belgique possède une industrie sidérurgique importante, car sa production a été, en 1899, de 1,036,185 tonnes de fonte de fer et 729,820 tonnes d'acier. Son exposition ne donnait pas une idée bien exacte du développement de cette industrie, tant parce qu'elle se trouvait fractionnée en deux parties indépendantes qu'à cause de l'abstention de certaines usines de premier ordre. Parmi celles qui étaient représentées, il convient de mentionner d'abord trois établissements réunissant l'ensemble complet des opérations sidérurgiques, depuis le minerai jusqu'au produit marchand : c'étaient la Société anonyme métallurgique d'Espérance-Longdoz, la Société anonyme d'Ougrée-Marihaye et la Société anonyme des usines de la Providence. Les établissements plus spécialisés, tels que : la Compagnie générale des conduites d'eau; V. Demerbe et Cie, à Jemmapes; la Société anonyme des Forges de Clabecq; la Société de la fabrique de fer de Charleroi et la Société anonyme belge de fabrication de corps creux seront décrits dans d'autres chapitres.

La Société anonyme métallurgique d'Espérance-Longdoz produit une quantité de fonte considérable et en affine une partie par puddlage pour la production de fers marchands et de tôles d'épaisseurs variées. Ses deux hauts fourneaux, établis à Seraing, sont munis de 9 appareils Cowper, de 6 m. 90 de diamètre et de 25 mètres de haut,

chauffant le vent à 800 degrés. Ils produisent tantôt de la fonte d'affinage, tantôt de la fonte Thomas; leur production annuelle est de 70,000 tonnes. Leur lit de fusion se compose en moyenne de 80 p. 100 de minerai du Luxembourg et de 20 p. 100 de minerai riche de Gellivare (Suède).

L'usine de Liège-Longdoz, appartenant à la même Société, comprend, d'une part, un atelier de puddlage avec pilons de cinglage et train ébaucheur, d'autre part, un atelier important de laminage, comprenant les trains suivants :

1° Un train à trois cages, actionné par une machine de 700 chevaux à condensation; la première cage est à deux cylindres de 2 m. 50 de table; la seconde est un trio Lauth de 1 m. 70 de table; la troisième, un trio universel, système Thomas, destiné à produire de larges plats jusqu'à la largeur de 0 m. 700. La production de cet ensemble peut atteindre 2,000 tonnes par mois;

2° Un train à tôles moyennes composé d'une paire de cylindres à cannelures, d'un dégrossisseur et de deux finisseurs; on y lamine les épaisseurs comprises entre 0 m. 0015 et 0 m. 004, sur 1 m. 30 de largeur. La production mensuelle peut atteindre 700 tonnes;

3° Deux trains à tôles fines, donnant les épaisseurs comprises entre 0 m. 0003 et 0 m. 0015. Le réchauffage y est effectué au moyen de fours Himmel à trois soles superposées; on ne consomme avec ces appareils que 800 kilogrammes de houille par tonne de tôle produite. La production de ces trains est de 400 tonnes par mois;

4° Un train à fers marchands, à cylindres distants de 0 m. 305 d'axe en axe. Il comprend une cage dégrossisseuse et sept finisseuses; ses fours à réchauffer sont du type Siemens. Il peut produire mensuellement 1,000 tonnes de fers carrés jusqu'à 0 m. 060 et les fers plats jusqu'à 0 m. 10.

En fait, la production de laminés ne dépasse pas 28,000 tonnes; elle est obtenue, pour une partie, au moyen de lingots provenant de l'aciérie d'Ougrée, à laquelle la Société de l'Espérance livre des fontes Thomas.

Le personnel comprend 850 ouvriers.

La Société d'Espérance-Longdoz avait exposé principalement des cassures de fontes et de fer, des spécimens d'essais de traction et des éprouvettes d'essais à chaud, etc. Elle a obtenu une médaille d'or.

La Société anonyme d'Ougrée, qui a pris, depuis le 1er mai 1900, le titre de Société d'Ougrée-Marihaye par suite de sa fusion avec la Société houillère de Marihaye, est une affaire considérable qui occupe 1,650 ouvriers dans ses usines et livre annuellement au commerce des produits finis pour une valeur de 24 millions de francs. Elle comprend quatre hauts fourneaux dont un, mis en feu au milieu de l'année 1900, peut produire de 125 à 150 tonnes de fonte par jour; trois convertisseurs Thomas; deux fours Siemens-Martin; un blooming à cylindres de 0 m. 85; des trains de laminoirs à cylindres de 0 m. 65, de 0 m. 50, 0 m. 45, 0 m. 30 et 0 m. 25 de diamètre; des trains à tôles fortes et moyennes, un train à larges plats et une fabrication de bandages et d'essieux. Elle y a joint un atelier de construction, un broyage de scories Thomas et une fabrication

de ciment de laitier. Le chargement des produits est effectué au moyen d'une grue Brown de 100 mètres de portée.

Elle exposait, outre les dessins de son nouveau haut fourneau, des rails ordinaires et des rails de tramways de sections variées, des poutrelles ayant jusqu'à 0 m. 50 de hauteur, des fers ronds jusqu'à 0 m. 20 de diamètre et d'autres fers du commerce, des tôles, etc.

Elle a obtenu un grand prix.

La Société anonyme des Forges de la Providence a déjà été mentionnée à l'occasion des usines de Réhon et de Hautmont qu'elle possède en France; en Belgique, où se trouve son siège social, elle a un établissement unique, d'une grande importance, celui de Marchiennes-au-Pont. Les hauts fourneaux y étaient au nombre de trois, en 1900; de grandes dimensions et munis d'appareils Cowper, ils avaient produit 103,000 tonnes de fonte en 1898-1899. Il restait en activité dans cette usine un certain nombre de fours à puddler, mais l'affinage s'effectuait principalement dans un atelier Thomas comprenant quatre convertisseurs de 15 tonnes. L'usine possède huit trains de laminoirs affectés à la fabrication des fers marchands et surtout des profilés. C'est la Société de la Providence qui a créé, en 1849, la fabrication des poutrelles laminées; elle a continué à la pratiquer avec grand succès, notamment en ce qui concerne les grands profils. Son exposition dans la section belge présentait des types analogues à ceux qu'elle avait fait figurer dans la section française, types de profilés de toutes formes, de gros ronds, etc.

La production de l'usine de Marchiennes-au-Pont a été, en 1898-1899, de 102,000 tonnes de produits finis; la construction d'un quatrième haut fourneau permettrait aujourd'hui de la porter à 10,000 tonnes par mois. Les huit dixièmes de ce total sont exportés, grâce aux facilités que donne, à cet égard, le fonctionnement d'un atelier considérable de constructions métalliques, ayant une puissance de production s'élevant à 45,000 tonnes par an.

La Société de la Providence se trouvait hors concours par suite de la présence d'un de ses administrateurs dans le Jury de la Classe 64.

CHINE ET CORÉE.

Il existait dans l'exposition chinoise quelques échantillons de fonte, de fer et d'acier en barres représentant, fort imparfaitement d'ailleurs, la fabrication des usines de Han Yang, près Han Keou. Ils n'étaient accompagnés d'aucune indication sur les procédés employés dans cette usine, qui serait, d'après le catalogue, installée suivant les principes européens et produirait, 200,000 tonnes par an. Faute d'éléments sérieux d'appréciation, le Jury de la Classe 64 n'a pu attribuer à l'établissement de Han Yang une récompense quelconque. Il en a été de même pour les échantillons insignifiants classés dans l'exposition de la Corée comme se rattachant à la Classe 64.

ESPAGNE.

L'Espagne produit une quantité de fonte, de fer et d'acier importante par rapport à son extraction de minerai. En 1899, cette extraction a été de 9,234,402 tonnes, dont 6,146,542 tonnes provenaient de la Biscaye et 1,285,440 tonnes de la province de Santander. La consommation intérieure a été de 621,165 tonnes, soit 6.7 p. 100 du total, avec une production de fonte de 295,840 tonnes. Sur ce dernier chiffre, 40,919 tonnes ont été exportées.

En réalité, l'industrie sidérurgique espagnole est concentrée sur la zone littorale du golfe de Gascogne; encore cette zone ne renferme-t-elle qu'un très petit nombre d'usines de quelque importance : deux à Bilbao et deux dans la province d'Oviedo.

Les premières s'étaient abstenues d'exposer; nous n'aurons donc à nous occuper que des deux usines de la région asturienne, la Compañia de Asturias, à La Felguera, et la Société anonyme de la Fabrica de Miérès, à Miérès.

La première est une affaire de constitution relativement récente, car elle a été fondée en 1894. C'était, à l'origine, une fonderie produisant principalement des tuyaux coulés verticalement et, accessoirement, des roues en fonte trempée pour wagonnets de mines; elle possède également une fabrication d'acier au creuset.

Sa production, dans les conditions ci-dessus, était restée assez limitée; bien qu'elle eût progressé d'année en année, elle n'était encore que de 5,000 tonnes en 1899. Elle est aujourd'hui en voie de développement considérable par suite de la construction de deux hauts fourneaux et de l'installation d'une aciérie Thomas comprenant deux convertisseurs.

La Compañia de Asturias a obtenu une médaille d'or.

La Fabrica de Miérès est une affaire plus importante, au double point de vue houiller et métallurgique. Elle possède en effet 8,170 hectares de concessions houillères, ayant donné en 1899 une production de 285,511 tonnes, 2,017 hectares de concessions de minerai de fer, deux usines à fer et acier, l'une à Quiros et l'autre à Miérès; une usine à mercure et orpiment, à la Soterraña, près de Pola de Lena, et une exploitation de calamine et de galène à Marcadal (province de Santander).

L'usine de la Soterraña sera étudiée dans un chapitre spécial; celle de Quiros se réduit à deux batteries de fours à coke et à un haut fourneau dont la production de fonte est transformée à l'usine de Miérès en produits marchands.

Cette usine, située sur la voie ferrée de Léon à Gijon, à 47 kilomètres de ce port, occupe une surface de 24 hectares; elle renferme 148 fours à coke, 3 hauts fourneaux de 200 mètres cubes de capacité, 14 fours à puddler, à chauffes Boétius et avec chaudières à flammes perdues, 2 marteaux-pilons, 2 laminoirs à fer brut, 7 fours à réchauffer, 2 gros mills, 1 moyen mill et 1 petit mill; plus un atelier Siemens-Martin, composé de deux fours de 10 tonnes, à sole en fer chromé, avec six gazogènes, et montés pour la coulée en poche; enfin, un atelier de construction. On y installe un grand

train réversible, comportant une machine à deux cylindres qui actionne d'un côté un train à grosses tôles et, de l'autre, un train pour gros profilés, avec rouleaux automoteurs et manœuvres effectuées mécaniquement.

La production des usines sidérurgiques de la Société, en 1899, a été de 20,086 tonnes de fonte, 14,190 tonnes de fer brut, 6,003 tonnes de lingots; enfin, comme produits finis, de 15,252 tonnes de laminés divers, 230 tonnes de pièces de forge et 1,990 tonnes de constructions métalliques.

La Société anonyme Fabrica de Miérès a obtenu un grand prix dans la Classe 64.

ÉTATS-UNIS.

L'exposition des États-Unis, admirablement présentée dans son ensemble et fort intéressante à bien des égards, n'était cependant pas combinée de manière à donner une idée suffisante de la puissance de l'industrie sidérurgique de ce pays. Pour faire comprendre le rôle que jouent, dans l'ensemble de cette industrie, les divers exposants qui vont être mentionnés, il convient de résumer d'abord les conditions générales de la production de la fonte, du fer et de l'acier aux États-Unis.

Sur les 25 millions de tonnes de minerai de fer qui ont été consommées, en 1899, par les usines de ce pays, plus de 17 millions provenaient des exploitations de la région du Lac Supérieur; l'importation représentait 675,000 tonnes seulement; 4,800,000 tonnes avaient été exploitées et traitées à peu près sur place, dans les États du Sud, l'Alabama principalement, et 2,200,000 tonnes produites et consommées dans les autres États.

Le transport des minerais du Lac Supérieur vers les centres de production du combustible minéral s'effectue d'abord par navigation sur l'ensemble des grands lacs, puis par voie ferrée. Les grandes usines sidérurgiques se sont établies les unes sur le terrain houiller, les autres aux points où s'effectue le déchargement des navires amenant le minerai, notamment à Chicago, Cleveland, etc. Sur les 13,700,000 tonnes de fonte produite en 1899 aux États-Unis, 10,400,000, soit 76 p. 100 du total, l'ont été dans ces conditions qui semblent, à première vue, peu propres à assurer une production économique.

L'Alabama et le Tennessee forment un centre sidérurgique indépendant, organisé sur des bases toutes différentes et, semble-t-il, plus avantageuses, car ce district est à peu près le seul qui ait pu faire de l'exportation dans des conditions satisfaisantes.

Le minerai s'y rencontre à une petite distance de la houille, mais il est phosphoreux et les métallurgistes américains semblent jusqu'ici hésiter à appliquer le procédé Thomas avec l'ampleur qui serait nécessaire; cette circonstance, jointe à certaines difficultés de main-d'œuvre, a ralenti le développement du district qui a cependant, en 1899, produit 1,430,000 tonnes de fonte, soit un peu plus de 10 p. 100 de la production totale des États-Unis.

Les 14 p. 100 restants se répartissent entre un assez grand nombre d'usines dissé-

minées, les unes indépendantes, les autres faisant partie de l'un de ces trusts qui constituent un des traits caractéristiques du fonctionnement de l'industrie aux États-Unis dans la période actuelle.

La production de l'acier, en 1899, se décompose de la manière suivante (chiffres donnés en tonnes de 1,016 kilogr.) :

		PRODUCTION.	
		tonnes.	p. 100.
Affinage	au convertisseur	7,586,354	71.1
	sur sole	2,947,316	27.7
Fusion au creuset		128,500	1.2
TOTAUX		10,662,170	100.0

La production au convertisseur peut être considérée comme obtenue exclusivement par le procédé acide, car c'est seulement vers la fin de l'année 1899 qu'a été mise en marche la première aciérie Thomas des États-Unis, à Pottstown (Pensylvanie). Elle provient principalement de la Pensylvanie, de l'Ohio et de l'Illinois : ces trois états fournissant 90 p. 100 du total.

A l'opposé de ce qui se passe pour l'affinage au convertisseur, le travail sur sole se pratique surtout suivant la méthode basique, celle-ci fournissant 70 p. 100 de la production totale obtenue au four Siemens-Martin.

La production de moulages d'acier a été de 169,727 tonnes dont 39,687 obtenues par le procédé basique et 130,040 par le procédé acide.

La fabrication des rails, qui a pour base exclusive l'emploi du convertisseur acide, a atteint le chiffre de 2,240,767 tonnes en 1899.

Parmi les grandes sociétés américaines qui étaient représentées à l'Exposition, deux étaient en réalité des trusts, formés à une époque récente par la fusion de nombreuses entreprises ayant pour objet une même spécialité sidérurgique. C'étaient l'American Steel and Wire Company, à New-York, et l'American Tin Plate Company, à Chicago, qui ont obtenu l'une et l'autre un grand prix.

La deuxième de ces sociétés n'avait fourni que des renseignements assez sommaires sur son fonctionnement. Fondée le 5 décembre 1898, au capital de 28 millions de dollars, dont moitié en actions privilégiées, donnant 7 p. 100 d'intérêt, et moitié en actions ordinaires, elle a groupé 35 usines fabriquant le fer-blanc, c'est-à-dire la presque totalité de celles existant aux États-Unis. Elle emploie 18,000 ouvriers et a produit, en 1899, 450,000 tonnes de fer-blanc, alors qu'en 1891 la production américaine n'était que de 5,100 tonnes ; la valeur actuelle de sa production annuelle est de 40 millions de dollars. Ce développement énorme est dû certainement pour une part à l'activité de M. W. C. Cronemeyer, qui a été le premier à fabriquer du fer-blanc aux États-Unis et qui a constitué plus tard l'American Tin Plate Company, mais il l'est, pour une part plus importante encore, à l'influence des tarifs prohibitifs qui ont supprimé, en fait, la concurrence étrangère.

L'exposition de l'Americain Tin Plate Company renfermait des échantillons représentant les phases intermédiaires de la fabrication ainsi que des produits finis, de bonne qualité commerciale, mais sans aucun caractère de perfection exceptionnelle.

Celle de l'American Steel and Wire Company était fort intéressante tant par la variété des échantillons qu'elle renfermait que par les indications fournies sur les phases successives de certains procédés de fabrication. Ces procédés étaient, il est vrai, plutôt du ressort de la Classe 65 que de la Classe 64; c'était notamment le cas pour le tréfilage de précision et pour la fabrication des pointes, des grillages et des ronces artificielles.

L'American Steel and Wire Company a un capital de 90 millions de dollars, comprenant 40 millions en actions privilégiées, à revenu de 7 p. 100 garanti, et 50 millions en actions ordinaires. Elle emploie 36,000 ouvriers et vend annuellement 500,000 tonnes de fils et autres produits amenés à un degré d'élaboration équivalent, 500,000 tonnes de pointes, enfin 500,000 tonnes de ronces artificielles et grillages.

L'industrie du fil d'acier et de ses dérivés n'est pas la seule qu'exerce la Société; elle fabrique du fil de cuivre, des tôles d'acier, des pièces embouties fort variées, des fers à cheval, et même du zinc. Elle produit elle-même la fonte et l'acier, matières premières de sa fabrication principale.

Parmi les objets qui figuraient dans son exposition, on doit signaler une plaque circulaire de tôle ayant 3 m. 12 de diamètre et 0 m. 009 d'épaisseur. Les coefficients mécaniques de cette tôle étaient 43 kilogr. 7 pour la résistance à la rupture, 25 kilogr. 5 pour la limite élastique et 27.5 p. 100 d'allongement sur éprouvettes de 0 m. 20. Parmi les spécimens de pièces embouties figuraient un fond antérieur de chaudière, des roues de tramways, etc.

Une des grandes maisons fabriquant aux États-Unis les fils et les câbles métalliques est restée en dehors du mouvement de fusion qui a abouti à la constitution de l'American Steel and Wire Company; c'est la maison Rœbling's Sons Company, à Trenton (New Jersey). Fondée en 1848, elle occupe 2,500 ouvriers et 400 femmes; sa production annuelle est de 60,000 tonnes, représentant une valeur de 12 millions de dollars.

Ses fils de grande résistance ou de faible section ont une réputation bien méritée. A l'Exposition, elle avait donné un spécimen de ce qu'elle pouvait faire dans la deuxième de ces spécialités en présentant un fil d'acier d'un millième de pouce, soit 0 m. 000025 de diamètre. La Société Rœbling's Sons ne se borne pas à produire des fils; elle est un des plus grands fabricants de câbles métalliques du monde entier et un constructeur de premier ordre pour les ponts suspendus. Après avoir exécuté en 1872 le pont célèbre de Brooklyn, elle construit actuellement un deuxième pont de même importance sur l'East River de New-York.

C'est à raison de la prédominance de l'industrie de la tréfilerie et de la câblerie dans l'ensemble de la fabrication de la Rœbling's Sons Company que le Jury de la Classe 64 s'est borné à attribuer à cette maison une médaille d'or, alors que le Jury de la Classe 65 lui décernait un grand prix.

La Colorado Fuel and Iron Company est restée également en dehors des fusions qui

ont, au cours de ces dernières années, groupé en trusts la plupart des industries métallurgiques des États-Unis. Cela lui était relativement facile, car elle est la seule grande aciérie existant à l'ouest du Mississipi et possède par suite un monopole de fait dans la région occidentale du pays, notamment pour la fourniture des rails. Fondée en 1881, elle a pris en 1891 sa forme actuelle, comportant un capital de 2 millions de dollars en actions privilégiées et de 23 millions de dollars en actions ordinaires.

Le centre de ses opérations est à Pueblo, à 193 kilomètres au sud de Denver (Colorado). Elle y fait fonctionner trois hauts fourneaux, donnant en moyenne 700 tonnes de fonte par jour, et trois convertisseurs. Sa production moyenne annuelle de produits finis est de 200,000 tonnes; elle compte la porter prochainement à 550,000 tonnes.

La surface de l'usine de Pueblo est de 78 hectares; le personnel occupé s'élève à 2,800 ouvriers. Quelques fours à puddler y sont en activité, mais c'est principalement le travail au convertisseur acide qui fournit la matière première pour la fabrication des rails, éclisses, poutrelles, cornières, tôles, fers marchands, etc. La qualité de ces divers produits paraît être excellente, d'après les essais de pliage et de torsion qui étaient présentés à l'Exposition.

Elle produit en outre des moulages, notamment des tuyaux en fonte de haute résistance, pliant très sensiblement avant de rompre, et d'une régularité d'exécution remarquable, mise en évidence par des sections longitudinales.

La Colorado Fuel and Iron Company est tout autant une société houillère qu'une société métallurgique; car elle possède plus de 40,000 hectares de terrain houiller et produit annuellement 4,500,000 tonnes de houille ou d'anthracite dans ses 25 mines situées la plupart dans le Colorado, quelques-unes dans le Nouveau-Mexique. Les mines du Colorado seules assurent l'alimentation de l'usine de Pueblo; les charbons à coke sont amenés de 145 kilomètres de distance, les charbons à gaz de 110 kilomètres.

Les minerais viennent de distances considérables, variant entre 100 et 800 kilomètres. Ils sont généralement riches et peu phosphoreux, ainsi qu'il ressort des analyses ci-dessous :

	MINE SUNRISE. (Laramie County-Wyoming).	MINE FIERRO. (Grant Company-Nouveau-Mexique).	MINE ORIENT. (Saguache-Company-Colorado.)
	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Fer	69.10	61.65	54.65
Manganèse	0.20	0.50	1.45
Phosphore	0.008	0.009	0.018
Silice	0.40	4.61	5.60

La société exploite, pour assurer ses transports, 60 kilomètres de voie normale et 21 kilomètres de voie étroite.

Elle a obtenu un grand prix dans la Classe 64.

La Bethlehem Steel Company, au capital de 15 millions de dollars, est une transformation récente (17 avril 1899) de la Bethlehem Iron Company, fondée en 1857, à un

capital moitié moindre. C'est une des premières sociétés sidérurgiques des États-Unis, surtout au point de vue de la fabrication des canons, des blindages et des grosses pièces de forge.

Son usine se trouve sur la rive sud du fleuve Lehigh, à South Bethlehem, localité située à 140 kilomètres de New-York et à 90 kilomètres de Philadelphie.

Elle occupe une superficie de 30 hectares et comprend des hauts fourneaux, des fours à puddler, des convertisseurs Bessemer, des fours Siemens-Martin, des trains de laminoirs et un puissant outillage de forge, le plus puissant peut-être qui existe actuellement dans le monde entier. Nous donnerons plus loin quelques détails sur cet outillage, ainsi que sur le fonctionnement des hauts fourneaux et des fours Siemens-Martin.

La société de Bethlehem était hors concours, un de ses ingénieurs faisant partie d'un Jury de l'Exposition.

Deux autres grandes sociétés sidérurgiques des États-Unis, l'Illinois Steel Company, à Chicago (Illinois), et la Carnegie Steel Company, à Pittsburgh (Pennsylvanie), figuraient à l'Exposition, dans des conditions qui ne donnaient aucune idée de leur importance.

La première est une affaire de premier ordre, car elle dispose de 3 convertisseurs de 10 tonnes et de 10 fours Wellmann de 50 tonnes dans son usine de South Chicago, de 2 convertisseurs de 10 tonnes dans celle de Joliet, de 2 convertisseurs de 5 tonnes dans celle de North Chicago et de 2 convertisseurs de 10 tonnes dans l'usine Union; elle produit 1,500,000 tonnes de lingots par an. Mais son exposition se réduisait à un modèle insignifiant de haut fourneau accompagné de quelques gueuses de fonte.

Celle de la Carnegie Steel Company paraissait moins importante encore, à première vue, car elle se composait simplement de dessins accompagnés de quelques chiffres, mais elle présentait un réel intérêt technique, car les dessins exposés étaient ceux des hauts fourneaux de Duquesne. On sait que ces hauts fourneaux, au nombre de quatre, ont été installés par la Société Carnegie à une époque récente et que leur puissance de production industrielle atteint facilement 500 tonnes de fonte par vingt-quatre heures. Le rendement moyen du minerai traité est de 57 p. 100, mais la proportion de castine ajoutée à ce minerai étant de 25 p. 100, la teneur moyenne du lit de fusion n'est finalement que de 45.5 p. 100. C'est un résultat fort remarquable; nous reviendrons plus loin sur les conditions dans lesquelles il a été obtenu.

Le peu d'importance des expositions des deux sociétés ci-dessus ne permettait pas au Jury de la Classe 64 de leur attribuer les récompenses d'un ordre élevé qui auraient été justifiées par la valeur intrinsèque de l'une et de l'autre entreprise. Il a préféré s'abstenir purement et simplement.

L'insuffisance de l'exposition de la maison Rogers, Brown et Cie, de New-York, a également contribué à motiver l'attribution d'une médaille d'argent à cette maison dont l'importance industrielle aurait pu justifier une récompense plus élevée.

GRANDE-BRETAGNE.

De même que les expositions de l'Allemagne, de l'Autriche, des États-Unis, celle de la Grande-Bretagne ne représentait que d'une manière imparfaite l'industrie sidérurgique de ce pays. Abstraction faite de quelques expositions d'un caractère plutôt scientifique, présentées par l'Iron and Steel Institute et par M. Snelus, on n'y voyait guère que des spécimens d'aciers fondus au creuset ou de fers de qualité supérieure.

Néanmoins, pour nous conformer au plan général que nous avons suivi jusqu'ici, nous allons donner, pour la Grande-Bretagne, un résumé des conditions de la production de la fonte, ce produit sidérurgique étant le seul pour lequel les statistiques officielles fournissent des indications précises.

En 1899, la production de la fonte, dans l'ensemble de la Grande-Bretagne, s'est élevée à 8,959,691 tonnes (de 1,016 kilogrammes); elle se répartit de la manière suivante entre les divers districts de production :

PROVENANCE.	FONTES			TOTAUX.
	D'HÉMATITE.	PHOSPHOREUSES.	SPÉCIALES.	
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
District Nord-Ouest (Cumberland, Lancashire)	1,381,317	60,566	144,042	1,585,925
District Nord-Est (Durham, Yorkshire North Riding)	1,171,645	1,838,904	99,045	3,109,594
District du Centre-Est (Yorkshire West Riding, Derbyshire, Leicester, Northampton)	//	1,488,860	//	1,488,860
District du Centre-Ouest (Staffordshire, Shropshire, etc.)	//	715,293	//	715,293
Pays de Galles	767,488	93,520	47,106	908,114
Écosse	544,703	599,227	12,755	1,156.885
TOTAUX	3,865,353	4,796,370	302,948	8,964,671

Le district du Nord-Ouest (Cumberland et Lancashire) est, depuis de longues années, le plus important au point de vue de la fabrication des fontes d'hématite, mais les minerais locaux ne suffisent plus à assurer son alimentation; ils doivent être suppléés, pour moitié environ du total, par des minerais étrangers, provenant principalement de Bilbao. Ce sont exclusivement ces derniers minerais qui servent de base à la production des fontes d'hématite, dans le district du Nord-Est, dans le Pays de Galles et en Écosse.

Dans le district du Nord-Est, la fabrication des fontes d'hématite ne vient qu'en seconde ligne; les fontes phosphoreuses, obtenues avec le minerai du Cleveland, conservent encore une prépondérance bien marquée, mais leur production a plutôt rétrogradé, contrairement à ce qui s'est passé sur le continent, dans les districts placés dans des conditions analogues.

En Écosse, la consommation des minerais locaux a conservé une réelle importance, car la production de fontes phosphoreuses obtenues avec ces minerais reste un peu supérieure à celle des fontes d'hématite.

Dans le Pays de Galles, elle est réduite à fort peu de chose.

Les districts du centre de l'Angleterre continuent à consommer principalement des minerais indigènes.

La Staffordshire produit encore beaucoup de minerai houiller, mais cette production semble n'avoir qu'un avenir assez limité.

Il en est tout autrement des minerais oolithiques, exploités surtout dans les comtés de Lincoln et de Northampton. Ces minerais sont argileux et d'assez faible teneur, mais abondants et d'exploitation facile.

La statistique officielle ne donne de renseignements que sur la production de la fonte; d'après des relevés faits par la British Iron Trade Association, les productions de fer et d'acier (fer fondu compris) auraient été les suivantes, en 1899 (en tonnes de 1,016 kilogrammes) :

Fer soudé		1,201,606 tonnes.
Lingots	obtenus au convertisseur acide	6,307,696
	obtenus au convertisseur basique	517,378
	obtenus sur sole acide	2,735,563
	obtenus sur sole basique	294,688

Aucune des grandes usines sidérurgiques anglaises ne figurait à l'Exposition; c'est dans les divers chapitres concernant les fabrications spéciales qu'on trouvera des détails sur les établissements qui avaient exposé.

COLONIES BRITANNIQUES.

Les seules colonies de la Grande-Bretagne représentées à l'Exposition, au point de vue sidérurgique, étaient le Canada et l'Inde.

Canada. — Le Canada possède des gîtes de minerai de fer très nombreux et probablement très importants; néanmoins l'industrie sidérurgique y est encore peu développée. En 1899, il n'existait dans cet immense territoire que neuf hauts fourneaux, dont sept à feu, et une seule aciérie, celle de la Nova Scotia Steel Company. Une compagnie nouvelle, la Dominion Iron and Steel Company, construisait, à Sydney (Cap Breton), une usine fort importante, comprenant quatre hauts fourneaux et une aciérie; la production journalière devait être de 250 à 300 tonnes de fonte par haut fourneau et de 800 tonnes pour l'aciérie.

En 1898, la production totale du Canada a été de 7,135 tonnes de fonte au charbon de bois et de 69,880 de fonte au coke. Ce dernier total comprenait 11,500

IMPRIMERIE NATIONALE.

tonnes de fonte Bessemer et 9,200 tonnes de fonte destinée au travail sur sole basique.

Le nombre d'usines produisant du fer ou de l'acier au Canada a été de 12 pendant la même année.

Il a fonctionné, en outre, dans ce pays, un petit convertisseur recevant des charges de 1,500 kilogrammes et servant à la fabrication des moulages d'acier.

Deux usines canadiennes étaient représentées à l'Exposition, mais seulement par quelques échantillons de minerai, de fonte, de fer ou d'acier.

L'une était les Radnor Forges, Champlain County, province de Québec, appartenant à la Canada Iron Furnace Company, dont le siège est à Montréal.

C'est la plus ancienne usine à fer de l'Amérique du Nord; elle travaille sans interruption depuis l'année 1737. Elle produit de la fonte au charbon de bois au moyen de minerais de marais ou de lacs, mélangés parfois d'une certaine proportion de fer titané. Elle s'alimente principalement de minerais extraits du Lac à la Tortue, où fonctionne une drague à vapeur pouvant extraire 50 tonnes par jour. Ces minerais sont beaucoup plus purs que ne le sont généralement les minerais analogues; certains échantillons n'ont donné à l'analyse que 0.08 p. 100 de soufre et 0.042 p. 100 de phosphore. Aussi les fontes produites par la Canada Iron Furnace Company sont-elles très appréciées pour la fabrication des moulages en fonte trempée, notamment pour celle des roues de chemins de fer.

La Nova Scotia Steel Company, à New Glasgow, Pictou County, a été fondée en 1895. Elle possède des fours à coke et un haut fourneau à Ferrona, une aciérie Siemens-Martin et des laminoirs situés à Trenton et New Glasgow. L'aciérie travaille tantôt sur sole acide, tantôt sur sole basique; elle produit, par jour, 150 tonnes de lingots, qui sont transformés en barres, tôles, essieux de chemins de fer, etc.

Inde. — L'usine de Barrakar, appartenant à la Bengal Iron and Steel Company, est la seule usine à fonte existant dans l'Inde. Elle se trouve à proximité d'un bassin houiller qui produit annuellement 2 millions de tonnes d'un combustible assez chargé de cendres, mais peu sulfureux. Elle obtient environ 10,000 tonnes de fonte par an et en transforme une partie en moulages, tels que tuyaux et matériel fixe de chemins de fer. Des spécimens variés de sa fabrication figuraient à l'Exposition; le Jury lui a décerné une médaille d'argent.

HONGRIE.

L'industrie sidérurgique s'est développée, en Hongrie, avec une grande rapidité depuis une dizaine d'années; la production de la fonte dans ce pays a sensiblement doublé depuis 1889 et est passée de 226,000 tonnes à 451,600 tonnes, chiffre atteint en 1899.

Le territoire hongrois offre des ressources considérables en combustibles et en minerais, mais la répartition de ces deux éléments essentiels de la production du fer n'est

pas précisément avantageuse. Les minerais de fer se rencontrent principalement dans la région montagneuse du nord de la Hongrie, dans les comitats de Gömör, de Szepes, d'Abauj-Torna et de Borsod, ainsi qu'en Transylvanie, dans le comitat Hunyad, c'est-à-dire dans des régions où il n'existe pas de combustible minéral. D'autre part, ce combustible, là où il se rencontre, est généralement impropre à la fabrication du coke. Il résulte de cette situation que la production de la fonte au charbon de bois a conservé, en Hongrie, une importance considérable; 40 hauts fourneaux s'y adonnent exclusivement et consomment 200,000 tonnes de charbon par an.

La plupart des autres hauts fourneaux sont obligés de s'alimenter de coke en Silésie ou en Moravie; encore doivent-ils parfois le mélanger avec une certaine quantité de charbon de bois. Les usines de la Société des chemins de fer austro-hongrois sont à peu près les seules qui puissent obtenir, de leurs mines, la quantité de coke nécessaire pour l'alimentation de leurs hauts fourneaux.

En 1898, les hauts fourneaux, au combustible minéral ou mixte, ont consommé 25,000 tonnes de charbon de bois, 60,000 tonnes de coke indigène et 250,000 tonnes de coke importé.

Pendant la même année, la production de minerai de fer, en Hongrie, a été de 1,666,836 tonnes, dont 503,683 ont été exportées, principalement à destination des usines de Moravie (usines de Witkovitz et de Trzynietz), et 1,163,153 tonnes ont été traitées dans les hauts fourneaux du pays. Il a été importé en outre 5,501 tonnes de minerais étrangers, mais ces minerais, à haute teneur, ont servi exclusivement à l'affinage sur sole.

La production de fonte brute a été de 448,630 tonnes, celle de fonte moulée en première fusion, de 20,783 tonnes, soit de 469,413 tonnes en tout.

La distribution relative des minerais et des combustibles, combinée avec la répartition des gîtes de minerai de fer entre les usines, a souvent pour conséquence des transports de fonte effectués à des distances considérables. C'est ainsi que les usines de l'État hongrois, situées dans les comitats de Zólyom et de Borsod, sont alimentées par les fontes de Vajda-Hunyad, celles de la Société de Rimamurány-Salgótarján, situées dans les comitats de Borsod et de Nógrad, le sont par les fontes de Nyustya et de Likér (comitat de Gömör), etc.

Les appareils servant à l'affinage de la fonte sont : 18 bas foyers, 52 fours à puddler, dont 35 chauffés au gaz, 5 convertisseurs à garnissage acide, 3 à garnissage basique, 2 petits convertisseurs, 2 fours Siemens-Martin à sole acide, et 34 à sole basique. On commence à produire en Hongrie un peu d'acier au creuset.

La production de fer ou d'acier a été de 2,200 tonnes au bas foyer, de 114,000 au four à puddler, de 135,000 au convertisseur et de 280,000 au four Siemens-Martin. La quantité correspondante de produits finis a été de 11,000 tonnes de moulages d'acier et de 350,000 tonnes de laminés divers, obtenus au moyen de 95 trains. La consommation de combustible a été de 340,000 tonnes de houille et de 700,000 tonnes de lignite.

Le total des importations de produits sidérurgiques, en 1898, a été de 148,443 tonnes, celui des exportations de 91,930 tonnes.

L'exposition de la Hongrie, dans la Classe 64, avait dû être installée dans un espace très restreint où on ne pouvait guère ménager à chacun des nombreux exposants un emplacement convenable. Aussi avait-elle été présentée sous la forme d'une exposition collective d'un effet très décoratif, mais où la part de chaque exposant était quelque peu difficile à reconnaître à première vue. En compensation, les publications de la Commission hongroise fournissaient, tant sur l'ensemble de l'industrie sidérurgique de la Hongrie que sur les usines exposantes, des renseignements très complets, dont les principaux vont être résumés ci-dessous :

Trois grands établissements dominent, par l'importance de leur production, l'ensemble de la sidérurgie hongroise; ce sont les Forges de l'État, la Société anonyme des forges de Rimamurány-Salgó-Tarján et la Société privée des chemins de fer austro-hongrois de l'État.

L'administration des forges, mines de fer et charbonnages de l'État relève d'une direction centrale qui dépend elle-même du Ministère des finances; elle se subdivise en une direction principale, celle de l'usine de Diósgyör, et trois directions secondaires, celles de Zólyombrezó, Vajda-Hunyad et Kudsir. Ce sont ces dernières qui ont à s'occuper de la production de la fonte, l'usine principale de Dyósgyör ne faisant que l'affinage et la transformation en produits marchands.

La direction de Zólyombrezó comprend deux usines à fonte situées, l'une à Tiszólcz, l'autre à Libetbánya.

La première est la plus importante, car elle renferme deux hauts fourneaux, l'un de 90 mètres cubes, marchant au charbon de bois, l'autre de 100 mètres cubes, fonctionnant au combustible mixte. Ces deux fourneaux sont desservis par deux machines soufflantes et trois appareils Whitwell; ils sont alimentés au moyen de minerais amenés par chemin de fer d'une assez grande distance, principalement par les hématites brunes de Vashegy, et par les fers spathiques de Nadabula et de Rudna, que l'on grille dans six fours à cuve. Ils produisent de 12,000 à 14,000 tonnes de fonte par an.

L'usine de Libetbánya comprend simplement un petit haut fourneau au charbon de bois, de 54 mètres cubes de capacité, soufflé à la pression de 0 m. 03 de mercure à la température de 150 degrés et produisant 1,500 à 1,800 tonnes de fonte par an. Sur ce total, un tiers environ est transformé immédiatement en fonte moulée; le reste va à la fonderie de Kis-Garam ou à la forge de Zólyombrezó.

La direction de Vajda-Hunyad a une production de fonte beaucoup plus importante; elle dispose de quatre fourneaux à Vajda-Hunyad et d'un à Govasdia.

Le minerai est fourni par le puissant amas de sidérose, partiellement transformé en hématite brune, que l'État exploite à Gyalár, à une distance de 20 kilomètres de Vajda-Hunyad. Le minerai et le charbon de bois sont amenés à l'usine par un chemin de fer funiculaire qui a fonctionné d'une manière satisfaisante pendant de longues années, mais qui va être remplacé par un chemin de fer à voie étroite en vue d'obtenir une puis-

sance de transport plus considérable et d'assurer le raccordement de l'usine de Govasdia, résultat impossible à obtenir avec le funiculaire.

Le haut fourneau de Govasdia est un petit fourneau au charbon de bois de 45 mètres cubes, soufflé avec du vent à peine chauffé; il produit annuellement de 8,000 à 9,000 tonnes de fonte. Depuis quelque temps on y obtient une fonte blanche contenant moins de 0.5 p. 100 de manganèse, qui est vendue à la Société Ganz et Cie, pour la fabrication des moulages en fonte trempée.

Les hauts fourneaux de Vajda-Hunyad sont, au contraire, d'un type moderne. Trois d'entre eux marchent au charbon de bois; ils ont 15 m. 20 de hauteur et 107 mètres cubes de capacité; ils sont soufflés sous une pression variant entre 0.06 et 0.08 de mercure et à une température de 350 degrés à 450 degrés. Ils produisent en moyenne 40 tonnes de fonte par jour.

Le quatrième haut fourneau, alimenté au coke, a 20 mètres de haut et 188 mètres cubes de capacité; le vent est fourni à une pression de 0 m. 20 de mercure et chauffé dans trois appareils Whitwell. Cet appareil peut produire, par vingt-quatre heures, 100 tonnes de fonte Bessemer.

Les diverses usines mentionnées ci-dessus transforment une partie de la fonte qu'elles produisent. Celle de Zólyombrezó, par exemple, comprend 5 fours doubles à puddler au gaz, 3 fours à puddler simples et 3 fours Siemens-Martin à sole basique de 5 tonnes chacun. Pour la fabrication des fers marchands, des tôles et des profilés, elle dispose de quatre marteaux-pilons dont un de 30 tonnes, d'un gros train, d'un moyen mill, d'un petit mill, d'un train à profilés et d'un train à tôles avec 11 fours à réchauffer. Elle possède, en outre, trois trains à tubes, avec autant de fours à réchauffer, et deux bancs à étirer. Sa production annuelle est en moyenne de 15,000 tonnes de fers marchands et profilés, de 5,400 tonnes de tôles et de 2,400 tonnes de tuyaux divers, mais il faut remarquer que ces chiffres ne peuvent être atteints qu'en laminant des lingots envoyés de Vajda Hunyad.

L'usine de Zólyombrezó a pour annexes deux établissements voisins : le petit laminoir de Pieszok, produisant par an, en moyenne, 12,000 tonnes de bandes de tôle pour la fabrication des tuyaux, et le laminoir à tôles de Chvatimech, produisant 1,300 à 1,400 tonnes de tôles.

L'usine de Kis-Garam (Rhónitz), située à 5 kilomètres de Zólyombrezó, est une fonderie alimentée principalement par le petit haut fourneau de Libetbánya. Elle produit annuellement 2,700 tonnes de moulages, dont une partie est émaillée dans l'établissement. Une fabrique de limes y est annexée.

L'usine de Vajda-Hunyad affine, dans deux fours Siemens-Martin et dans deux petits convertisseurs Allender-Griffith, une partie de la fonte qu'elle produit; en outre, elle alimente de fonte la forge de Kudsir.

Les fours Siemens-Martin, de Vajda-Hunyad, sont à sole basique, de 5 m. 20 de long sur 2 m. 30 de large; leurs charges sont normalement de 12 à 13 tonnes. En général, ils ne fonctionnent pas simultanément; aussi leur production totale ne dépasse-

t-elle pas 7,500 tonnes par an. La plus grande partie des lingots est expédiée à l'usine de Zólyombrezó pour être laminée; le reste va à la forge de Kudsir.

Les petits convertisseurs servent à la fabrication des moulages d'acier; ils sont installés sous une halle desservie par une grue roulante de 10 tonnes.

La forge de Kudsir, située près de la station d'Alkenyér de la ligne de Budapest-Arad-Tövis, comprend 1 four simple à puddler, 3 fours doubles, 1 four Siemens-Martin à sole acide, 1 four Siemens à 26 creusets, 2 fours à réchauffer, 4 marteaux-pilons et 2 trains de laminoirs.

Une partie de l'acier Siemens-Martin et de l'acier au creuset est employée à la fabrication de moulages. L'usine produit par an 4,700 tonnes de fer marchand, 200 tonnes d'acier puddlé, 70 tonnes d'acier à outils, 260 tonnes d'acier fondu laminé et 370 tonnes de moulages d'acier.

La grande usine de transformation de l'État hongrois est l'aciérie de Diósgyör, située près de Miskolcz, et occupant 1,900 ouvriers.

La production des lingots s'y effectue au moyen de deux convertisseurs de 9 tonnes, à garnissage acide, faisant ensemble 24 coulées par vingt-quatre heures, et de quatre fours Siemens-Martin à sole basique, dont deux de 8 tonnes et deux de 10 tonnes. La fonte, provenant principalement de Vajda-Hunyad, est refondue au moyen de quatre fours à réverbère avant son introduction dans les convertisseurs; trois autres fours du même type assurent le réchauffage des matières chargées aux fours Siemens-Martin.

Pour la fabrication de l'acier à outils, on emploie deux fours Siemens contenant chacun 20 creusets de 30 kilogrammes.

Le puddlage se fait dans deux grands fours doubles chauffés au gaz. Les laminoirs sont desservis par neuf fours à réchauffer.

L'ensemble des fours de l'usine est alimenté de gaz par 85 gazogènes qui ont consommé 127,000 tonnes de lignite en 1898.

Comme appareils d'élaboration mécanique, l'usine de Diósgyör possède trois marteaux-pilons, un ancien train à rails, un moyen mill et un petit mill, plus un grand train réversible d'installation récente, commandé par une machine de 3,500 chevaux et disposé pour la fabrication des rails, des poutrelles et des tôles.

Elle dispose d'un atelier de moulage d'acier très puissamment outillé, produisant de 4,000 à 5,000 tonnes de moulages par an et fabriquant, à l'occasion, des pièces telles que l'étrave de navire, pesant 23,500 kilogrammes à l'état fini, dont le modèle figurait à l'Exposition.

L'usine de Diósgyör fabrique des pièces de forge, telles qu'arbres droits ayant jusqu'à 15 mètres de long, arbres coudés, essieux de chemins de fer, etc.; elle a un outillage pour l'emboutissage des obus à fortes charges. Son atelier de fabrication de produits réfractaires peut livrer annuellement 7,000 à 8,000 tonnes de ces produits; il est en situation non seulement de satisfaire aux besoins de l'usine, mais encore de faire des livraisons au commerce.

La production de l'usine de Diósgyör a été la suivante en 1898 :

	tonnes.		tonnes.
Rails d'acier	32,350	Moulages d'acier	5,073
Crampons, éclisses et boulons	3,275	Acier fondu au creuset	140
Fer en barres	9,975	Pièces de machines en fer	2,719
Acier en barres	5,429	Pièces de machines en acier	770
Tôles et larges plats	5,301	Essieux de chemins de fer	1,662
Tôles à chaudières	1,064		
Moulages de fonte	3,762	TOTAL	71,020

Il faut ajouter à ce chiffre 518 croisements de voie et 517 aiguilles.

En dehors de ses grandes usines, l'administration des forges de l'État a encore quelques petits établissements, tels que la fonderie de Kabola-Polyana (comitat de Marmaros), produisant par an 507 tonnes de moulages; un atelier d'émaillage de poterie de fonte et de fer à Kis-Garam; enfin, des fabrications d'outils dans les deux petites usines ci-dessus et à Kudsir.

Elle a obtenu un grand prix dans la Classe 64.

La Société anonyme Rimamurány-Salgótarján a été constituée, en 1881, par la fusion de la Société sidérurgique de la vallée de Rimamurány avec la Société des forges de Salgótarján. La première de ces sociétés résultait elle-même du groupement de trois anciens établissements, effectué en 1852.

La Société nouvelle, continuant à appliquer la même politique de fusion et d'absorption, a acquis, au mois de mai 1900, les établissements du comte Géza Andrassy, de la Société sidérurgique de la vallée de la Hernád et de la Société anonyme de forge et de tôlerie l'*Unio*.

Ces trois établissements étaient représentés à l'Exposition; leur absorption par la Société de Rimamurány-Salgótarján n'a eu lieu qu'après l'ouverture de celle-ci. Ils sont donc restés inscrits au catalogue et feront l'objet d'une description indépendante.

Les usines de la Société de Rimamurány-Salgótarján forment un ensemble relativement plus concentré que les usines de l'État. Néanmoins on y rencontre une séparation bien nette entre la production de la fonte, obtenue au voisinage des exploitations de minerai, et sa transformation effectuée à Ózd et à Salgótarján, à proximité des gîtes de lignite qu'exploite la Société.

Les minerais consommés sont exclusivement des fers spathiques plus ou moins décomposés. La principale exploitation se trouve à Vashegy et Rákos, dans le comitat de Gömör, à l'est de la voie ferrée aboutissant à Tiszolcz. Ces deux gîtes sont de puissantes lentilles de sidérose et de limonite intercalées dans des schistes chloriteux; on en a extrait 135,000 tonnes en 1898.

Le minerai est transporté par un funiculaire de 13 kilomètres aux hauts fourneaux de Likér; il est assez phosphoreux.

La Société exploite également, dans le comitat Abauj-Torna, quelques mines de fer

dont la plus importante est celle de Lucziabánya, près Meczensef; elle en a extrait, en 1898, 50,000 tonnes de fer spathique très peu phosphoreux, qui a été grillé sur place, puis envoyé par chemin de fer à l'usine de Likér. Les gîtes analogues appartenant à la Société dans le comitat de Szepes, à Gölnicz et Szlovinka, ne sont pas exploités actuellement.

La production de la fonte est concentrée à Likér, sur la ligne de Tiszolcz, et à Nyustya, localité située tout près de Likér. Cette deuxième usine ne possède qu'un petit haut fourneau au charbon de bois, de 10 mètres de haut, produisant une centaine de tonnes par semaine. La plus forte partie de sa production est absorbée par une fonderie qui lui est annexée.

L'usine de Likér a une tout autre importance, car elle produit une centaine de mille tonnes de fonte par an. Elle possède trois hauts fourneaux au coke, de 18 mètres de haut et de 270 mètres cubes de volume intérieur, avec huit appareils Cowper de 4,000 mètres carrés de surface de chauffe. Les fontes que l'on y produit, de composition très variée, sont plus ou moins phosphoreuses en même temps que manganésifères. Elles sont envoyées aux aciéries d'Ózd et de Salgótarján.

La première de ces aciéries reçoit, en outre, une certaine quantité de fonte d'autres hauts fourneaux du comitat de Gömör; la lignite qu'elle consomme vient des mines de Bánszállás et de Járdánháza, appartenant à la Société. Elle renferme :

1° Un atelier de puddlage comprenant 11 fours à puddler Siemens, dont 3 à une sole et 8 à deux soles. Les premiers font 6 à 8 charges de 600 kilogrammes par douze heures, les autres, 18 à 21 charges de 300 kilogrammes. Les loupes sont cinglées par quatre marteaux-pilons et étirées par deux trains actionnés par une machine de 200 chevaux à distribution Corliss.

Le gaz est fourni par 10 gazogènes soufflés par des injecteurs à vapeur.

La production de fer brut est de 35,000 tonnes par an;

2° Un atelier de laminage de fer, comprenant un train marchand, avec une cage dégrossisseuse en trio et trois cages finisseuses en duo, un train moyen à six cages, un petit train avec une cage dégrossisseuse à cylindres de 0 m. 40 tournant à 130 tours, et sept cages finisseuses, à cylindres de 0 m. 28 tournant à 400 tours. La production annuelle est de 30,000 tonnes de fer marchand;

3° Une aciérie Siemens-Martin, comprenant quatre fours système Batho desservis par une grue roulante électrique de 6 tonnes, une de 7 tonnes et une grue roulante à vapeur de 12 tonnes.

La production annuelle est de 60,000 tonnes de lingots, dont une partie est envoyée à la tôlerie de Nádasd;

4° Le laminage d'acier, comprenant deux trains commandés chacun par une machine de 2,500 chevaux avec engrenages intermédiaires.

Le premier, réversible, est à trois cages, dont un blooming à cylindres de 0 m. 96 de diamètre, une cage finisseuse à cylindres de 0 m. 86, et une cage à tôles à cylindres de 0 m. 86.

Le second est un trio servant au laminage des profils plus petits.

Ces deux trains sont desservis par cinq fours à réchauffer, avec manœuvres hydrauliques ou électriques.

Les changements de cylindres se font au moyen de deux ponts roulants électriques de 15 et de 5 tonnes.

L'usine renferme 24 chaudières représentant ensemble 3,000 mètres carrés de surface de chauffe; elle occupe 1,800 ouvriers.

A une petite distance de l'aciérie d'Ózd se trouve l'usine de Nádasd, qui fabrique les tôles au-dessous de 0 m. 015, les fers-blancs et les tôles galvanisées. Cette usine a deux trains, l'un, pour les tôles moyennes, à trois cages en trio Lauth, ayant 1 m. 10, 1 m. 60 et 2 m. 25 de longueur de table; l'autre, à cinq cages, servant à produire les fers noirs. Le réchauffage se fait dans deux fours Siemens, le recuit dans deux grands fours dormants. La production totale de Nádasd est de 12,000 tonnes par an.

L'aciérie de Salgótarján produit annuellement 70,000 tonnes de lingots avec trois convertisseurs Thomas de 8 tonnes, qui coulent dans une poche portée par une grue hydraulique; le démoulage se fait au moyen de deux grues également hydrauliques.

La soufflerie débite 200 mètres cubes d'air par minute, à la pression de 2 kilogrammes.

Le réchauffage des lingots pour le laminage s'effectue dans deux batteries de pits et dans cinq fours à gaz, munis de dix gazogènes.

Le laminage se fait au moyen de cinq trains :

1° Un train réversible à quatre cages pour rails et grosses poutrelles;

2° Une cage à grosses tôles et un train universel, ayant l'un et l'autre des cylindres de 3 mètres de long et de 0 m. 80 de diamètre.

Ces deux trains sont actionnés par une machine à deux cylindres de 2,000 chevaux, placée entre eux;

3° Un train pour fer marchand et petits profilés, à trois cages, conduit par une machine de 700 chevaux;

4° Un train à petits fers, à six cages en trio;

5° Un train-machine à deux cages dégrossisseuses et sept finisseuses.

Ces deux derniers trains sont conduits par une machine de 750 chevaux.

Le fer-machine est étiré dans une tréfilerie pouvant produire 10,000 tonnes par an; une partie du fil obtenu est transformée en pointes.

L'usine de Salgótarján a, en outre, un atelier de fabrication d'essieux, pouvant produire 30,000 pièces par an, au moyen de deux fours à réchauffer, de quatre feux de forge et de cinq marteaux-pilons.

Elle occupe en tout 1,500 ouvriers.

La Société anonyme de Rimamurány-Salgótarján a obtenu un grand prix.

La Société privée des chemins de fer austro-hongrois de l'État possède, dans le comitat Krassó-Szörény (ancien Banat de Temesvar), un domaine de 133,168 hectares renfermant des gisements considérables de minerai de fer et de combustible minéral.

Les minerais s'y rencontrent en un assez grand nombre de points, sous la forme de magnétite, d'oligiste ou parfois de limonite. Les exploitations principales sont celles de Moravicza et de Dognácska, qui ont fourni 160,000 et 38,000 tonnes en 1898.

Les usines de la Société sont au nombre de deux, à Resicza et Anina. Cette dernière est d'une importance relativement secondaire; elle comprend deux hauts fourneaux, l'un au charbon de bois, l'autre au coke, hauts de 10 mètres chacun, soufflés par deux machines et munis de trois appareils Whitwell; ils produisent ensemble 34,000 tonnes par an. Le coke est fourni par 154 fours alimentés de houille par l'exploitation locale.

Une partie de la fonte produite est transformée en moulages dans une fonderie disposant de trois cubilots, d'un réverbère et de six étuves; la production est de 7,000 tonnes par an, dont 300 pour celle de poêles et poteries émaillées.

L'usine renferme, en outre, neuf fours à puddler, cinq fours doubles, deux pilons à cingler de 2,000 et 2,750 kilogrammes, un train à fer brut à quatre cages conduit par une machine de 150 chevaux, un gros mill, un moyen mill, un petit mill et une clouterie.

Elle a obtenu, en 1898, 11,000 tonnes de produits laminés divers.

L'aciérie de Resicza a une importance beaucoup plus grande que l'usine d'Anina. Elle possède deux hauts fourneaux au charbon de bois hauts de 17 mètres, de 128 mètres cubes de capacité, et un haut fourneau au coke haut de 20 mètres, avec 277 mètres cubes de capacité. Les trois hauts fourneaux sont desservis par huit appareils Whitwell; le vent est fourni par une soufflerie de 800 chevaux. Le coke est fabriqué avec les houilles de Szekul et de Domán. La production totale est de 45,000 tonnes de fonte, dont 18,800 pour les fourneaux au charbon de bois.

Une fonderie, munie de deux cubilots, peut produire annuellement 4,000 tonnes de moulages employés à peu près exclusivement à l'entretien de l'usine.

L'affinage de la fonte s'effectue dans trois convertisseurs, trois fours Siemens-Martin de 20 tonnes, trois de 15 tonnes, trois de 8 tonnes, ces derniers étant plus spécialement affectés à la fonderie d'acier, deux fours à puddler doubles du système Pietzka, et deux fours à puddler simples. Ces derniers appareils sont desservis par deux marteaux-pilons et par un train ébaucheur à quatre cages mû par une machine de 400 chevaux, qui commande en même temps un train moyen à quatre cages et un petit train universel élaborant des paquets de fer.

Deux fours de fusion au creuset, chauffés au gaz, produisent environ 1,000 tonnes d'acier par an.

Le laminage de l'acier s'effectue :

1° Avec un train trio à trois cages actionné par une machine de 1,300 chevaux et produisant des rails;

2° Avec un train à grosses tôles, un train universel et un train à gros profilés, actionnés par une machine réversible de 3,000 chevaux;

3° Avec un train à tôles, disposé en trio Lauth, et un train à quatre cages pour tôles minces, actionnés par une machine de 600 chevaux;

4° Avec un petit train à trois cages.

Un atelier de fabrication de bandages contient un marteau-pilon de 5 tonnes et un de 17 tonnes, un laminoir spécial conduit par une machine de 600 chevaux et huit fours à réchauffer.

Les machines des laminoirs sont alimentées par 36 chaudières ayant ensemble 2,964 mètres carrés de surface de chauffe.

En 1898, la production de rails, barres, tôles, etc., a été de 58,643 tonnes, dont 1,596 seulement étaient du fer soudé.

La Société privée des chemins de fer austro-hongrois de l'État possède, en outre, à Resicza, un atelier de produits réfractaires, produisant près de 7,000 tonnes par an, et un important atelier de constructions métalliques, à Csiklova, une forge où l'on fabrique des pelles, bêches, etc., sans parler de divers autres établissements industriels. Elle a obtenu un grand prix.

Les autres établissements sidérurgiques de la Hongrie n'ont qu'une importance relativement secondaire par rapport aux grandes usines que nous venons de décrire, étant donné surtout que la société de Rimamurány-Salgótarján vient d'absorber la société sidérurgique de la vallée de la Hernad et les hauts fourneaux du comte Géza Andrassy, qui pouvaient, avec la société de Kalán, être classés en seconde ligne.

La Société sidérurgique de la vallée de la Hernad était de fondation récente, du moins sous sa forme actuelle de société anonyme au capital de 6 millions de florins. Sa constitution ne remontait qu'à 1895; elle avait pour origine l'exploitation, déjà ancienne, de hauts fourneaux situés à Krompach, dans la vallée de la Hernad. Les minerais alimentant ces hauts fourneaux proviennent de Krompach, Slovinka, Helczmannocz, Prakfalva et Folkmár; ce sont des fers spathiques, souvent riches en magnésie et assez pauvres en fer, parfois transformés en limonite. Ils sont grillés dans une usine fort bien disposée, située à Klippberg, puis amenés à l'usine, en partie par un funiculaire, en partie par la voie ferrée normale.

En établissant le plan de la nouvelle usine de Krompach, on a prévu deux grands hauts fourneaux au coke, dont un seul fonctionne actuellement. Il est du type dégagé, à gueulard supporté par huit pylônes appuyés eux-mêmes sur les cadres inférieurs entourant l'ouvrage; il a 23 m. 75 de hauteur et 250 mètres cubes de capacité. L'usine possède deux machines soufflantes à condensation, chacune de 950 chevaux et pouvant débiter 700 mètres cubes de vent par minute en marchant à 45 tours. Le nouveau haut fourneau produit de 130 à 140 tonnes par jour. Il existe encore, dans l'ancienne usine, deux petits hauts fourneaux au charbon de bois, de 11 mètres de hauteur et de 61 mètres cubes de capacité, produisant ensemble, par an, de 5,000 à 6,000 tonnes de fonte; leur production est employée à la fabrication de moulages.

Les nouveaux hauts fourneaux sont sur une plate-forme située à 7 mètres au-dessus du sol de l'aciérie Siemens-Martin. Cette différence de niveau permet d'amener directement la fonte liquide dans une poche de 15 tonnes, circulant au niveau des fours Siemens-Martin et de la déverser ensuite dans ceux-ci au moyen d'un pont roulant électrique. Les fours Siemens-Martin reçoivent une charge de 20 tonnes chacun; ils sont au

nombre de 3 et desservis par 9 gazogènes. Le démoulage des lingots est effectué par 5 grues hydrauliques.

Le puddlage s'effectue dans deux fours doubles, chauffés au gaz et traitant des charges de 500 kilogrammes. Les loupes sont comprimées par deux presses hydrauliques de 100 tonnes. Trois trains, actionnés par une machine à vapeur compound-tandem de 200 chevaux, servent au laminage du fer soudé. La vapeur nécessaire à cette partie de l'usine est fournie par les chaudières des hauts fourneaux.

Pour le laminage des lingots, on se sert d'un train réversible, desservi par deux fours à réchauffer souterrains, dont les couvercles sont mus par des pistons hydrauliques, par un pont roulant électrique qui transporte les lingots et par des rouleaux actionnés par des moteurs électriques; d'un train universel en trio; d'un train moyen; enfin d'un petit train. Les deux premiers donnent actuellement une production annuelle de 25,000 tonnes, qui pourrait être facilement triplée; les deux autres produisent de 15,000 à 20,000 tonnes.

Les changements de cylindres se font au moyen de grues roulantes, de 15, 5 et 3 tonnes de puissance.

Le personnel total de l'usine est de 1,000 à 1,100 ouvriers.

La Société sidérurgique de la vallée de la Hernad a obtenu une médaille d'or.

Les usines du comte Géza Andrassy ne produisent que de la fonte au charbon de bois; elles sont au nombre de six, échelonnées le long de la vallée de la Sajó. Le minerai provient, comme d'ordinaire dans le nord de la Hongrie, d'amas de sidérose intercalés dans des micaschistes ou autres roches analogues et partiellement transformés en hématite brune. Le charbon de bois nécessaire pour la fusion de ce minerai provient en partie des propriétés du comte Géza Andrassy; il est en partie acheté. Les hauts fourneaux ont de 31 à 60 mètres cubes de capacité et produisent annuellement de 6,500 à 7,000 tonnes de fonte. Sept ou huit sont normalement en activité; en 1898, ils ont produit 39,500 tonnes de fonte, la fonte Bessemer et la fonte de puddlage ou de moulage entrant dans ce total en proportions à peu près équivalentes. Jusqu'ici la fonte Bessemer était vendue principalement à l'usine de l'État à Diósgyör, la fonte blanche pour puddlage, à l'usine de Zólyom de la société Unio. Cette usine a été achetée par la société Rimamurány-Salgótarján en même temps que les hauts fourneaux du comte Andrassy.

La Société anonyme de forge et de tôlerie Unio a pour objet spécial la fabrication des rails, des profilés et des tôles, soit en fer, soit en acier; elle ne possède pas de hauts fourneaux et achète sa fonte soit au comte Géza Andrassy, soit à d'autres producteurs. Le combustible consommé provient en grande partie des mines de la société. L'usine de celle-ci, située à Zólyom, au confluent des rivières Garam et Szalatna, dispose d'une chute d'eau développant 560 chevaux environ. La fonte y est affinée dans deux fours à puddler doubles, du système Siemens, et dans trois fours Siemens-Martin à sole basique, de 6,5, 12 et 17 tonnes. L'usine possède en outre 3 fours à réchauffer, chauffés au gaz, 7 fours à réchauffer, à chauffage direct, et 11 fours à recuire, à chauffage direct; elle renferme 41 gazogènes.

Elle dispose de marteaux-pilons de 5 et de 8 tonnes, d'un blooming, d'un gros train, d'un train moyen, d'un petit train et de 5 trains à tôles. Elle occupe de 1,200 à 1,500 ouvriers.

La production annuelle est de 30,000 à 40,000 tonnes, dont 10,000 tonnes de tôles, le reste étant des fers marchands, des poutrelles, des profilés divers, etc.

La Société Unio a obtenu une médaille d'or.

Les autres usines sidérurgiques du Nord de la Hongrie se bornent en général à produire de la fonte au charbon de bois; parfois, elles en transforment une partie en moulages.

La Société Concordia des mines et forges de Csetnek exploite, dans le bassin de la rivière Sajó (comitat de Gömör) un certain nombre de gîtes de fer spathique et d'hématite brune ; elle traite ces minerais dans trois petits hauts fourneaux au bois, d'une capacité de 24 à 31 mètres cubes, ceux de Henczkó, Csetnek et de Kun-Taplócza. Les deux premiers produisent annuellement 7,200 à 8,000 tonnes de fonte blanche; le troisième, 3,500 tonnes de fonte grise, dont 1,500 sont transformées sur place en moulages.

Elle a obtenu une médaille d'argent.

La ville de Dobsina (comitat de Gömör) exploite des minerais spathiques qu'elle fait traiter dans deux petits hauts fourneaux au charbon de bois, de 12 mètres de haut et de 24 à 25 mètres cubes de capacité. La production de fonte y a été de 8,000 tonnes en 1898.

Une mention honorable a été attribuée à la ville de Dobsina.

La Société des mines et forges Heinzelmann possède à Hisnyóvicz, sur la ligne de Pelsöcz à Murány (comitat de Gömör) une usine comprenant 3 hauts fourneaux d'une capacité de 37 mètres cubes chacun, produisant ensemble 10,000 tonnes par an. Le minerai vient principalement du grand gîte de Vashegy, situé entre Hisnyóvicz et la vallée de la Rima; il est amené à l'usine par un funiculaire du type Obach. Le combustible employé est un mélange de coke et de charbon de bois. Une partie de la fonte produite est transformée immédiatement en moulages.

La société Heinzelmann a obtenu une médaille d'argent.

La même récompense a été attribuée au comte Ladislas Csáky qui exploite à Prakfalva (comitat Szepes) un petit haut fourneau au charbon de bois et une forge comtoise. Le minerai provient principalement du Klippberg, où se trouvent les exploitations de la société de la vallée de la Hernad; c'est un fer spathique assez riche en magnésie. Le haut fourneau de Prakfalva a 10 mètres de hauteur et 29 mètres cubes de capacité; il produit par an 2,150 tonnes de fonte grise. Cette fonte est en partie employée pour la fabrication de moulages, en partie affinée dans 3 feux comtois, produisant annuellement 600 à 700 tonnes de loupes qu'on cingle et qu'on transforme surtout en tôles (450 tonnes par an). L'usine de Prakfalva produit également des articles de ferronnerie et de taillanderie.

La brochure publiée par la Commission hongroise mentionne l'existence, dans la

même région, de deux autres petites usines à fonte, celle de Kassa-Hamor, sur la ligne Kassa-Oderberg, appartenant à M. Ottocar Jacobs et produisant par an 5,000 tonnes de fonte grise, dont 1,300 sont moulées en première fusion, et celle de Jászó, près de la station Ferencztelep de la ligne Kassa-Torna, exploitée par MM. T. Erpf et Cie, et produisant annuellement 4,500 tonnes de fonte de puddlage.

La deuxième de ces usines avait seule exposé ses produits. Elle comprend un four à calciner le minerai, un haut fourneau construit sur colonnes en fonte, avec chauffage du vent dans des appareils en fonte, et une soufflerie de 54 chevaux de puissance. La fonte qu'elle produit est livrée à l'usine d'Ózd, de la société Rimamurány-Salgótarján. Une mention honorable lui a été attribuée.

Les entreprises sidérurgiques qui nous restent à mentionner se trouvent dans la région méridionale de la Hongrie ; elles sont peu nombreuses et en général peu importantes. La plus considérable est la Société des mines et hauts fourneaux de Kálan, qui exploite l'usine de ce nom, située près de Vajda Hunyad, ainsi que la petite usine à fonte de Ruszkicza et la forge de Nándorhegy; ces deux derniers établissements sont situés à une assez grande distance à l'ouest de Kalán, non loin de Karansebes.

L'usine de Kalán reçoit son minerai des mines d'Alsótelek, qui ne sont qu'un prolongement de celles de Gyalar, exploitées par l'État ; le transport se fait par une petite voie spéciale, d'un développement total de 22 kilomètres. L'usine comprend 2 hauts fourneaux de 15 m. 20 de haut; l'un, de 82 mètres cubes, marche au charbon de bois; l'autre, de 380 mètres cubes, est alimenté au coke. La production a été, en 1898, de 16,630 tonnes de fonte grise et de 5,080 tonnes de fonte blanche. Il existe à Kalán une fonderie qui a produit 2,370 tonnes de moulages en 1898 ; l'excédent de la production a été envoyé à la forge de Nándorhegy.

Il en est de même pour l'usine de Ruszkicza, mais la production totale de fonte n'a été pour celle-ci, en 1898, que de 3,705 tonnes, dont 2,525 tonnes de fonte grise et 1,179 tonnes de fonte de puddlage. Cette production a été obtenue au moyen de 2 petits hauts fourneaux de 57 et de 67 mètres cubes de capacité, fonctionnant alternativement pour fondre au charbon de bois les minerais de Ruszkabánya, minerais assez pauvres (35 à 50 p. 100 de fer) et de composition très variable. La fonderie annexée à l'usine a produit 2,870 tonnes de moulages.

La forge de Nándorhegy reçoit donc la presque totalité de ses fontes de Kalán, et supporte, de ce chef, des frais de transport assez élevés. Elle possède 5 fours doubles à puddler, chauffés au gaz, et un four Siemens-Martin de 8,5 tonnes, à sole basique. Le réchauffage se fait dans 5 fours à gaz ; il existe dans l'usine 13 gazogènes, consommant annuellement 80,000 stères de bois.

Les installations mécaniques consistent en 2 marteaux-pilons et 6 trains de laminoirs, ces derniers actionnés par 7 turbines développant 1,050 chevaux. Il existe dans l'usine 4 fours à recuire les tôles.

Les laminoirs pourraient produire 28,000 tonnes par an, mais leur production effective n'est que de 8,000 tonnes de fer marchand et de 1,800 tonnes de tôles.

La société sidérurgique de Nadrág exploite à Nadrág, près Orsova (comitat de Krassó-Szörény), deux petits hauts fourneaux au charbon de bois, alimentés par les minerais de Ploszkó et de Gyalár, et produisant chacun 3,500 tonnes de fonte par an. Sur ce total, 1,500 tonnes sont transformées en moulages, notamment en fontes d'art, poêles, etc. Le reste est affiné dans trois fours à puddler, chauffés au bois préalablement desséché ; l'étirage des loupes se fait au moyen de deux martinets. Il existe dans l'usine 2 fours à réchauffer et 4 fours à recuire ; 2 gros trains, 1 petit train et 2 trains à tôles. On y produit par an 2,200 tonnes de fer marchand, 1,600 tonnes de tôles et une petite quantité de clous et d'outils de taillanderie.

M. Alexandre Lantzky possède l'usine de Szentkeresbánya (comitat Udvarhely), à l'extrémité orientale de la Transylvanie. Cette usine contient un petit haut fourneau au charbon de bois, de 10 mètres de haut, alimenté par des minerais spathiques à faible teneur et produisant 600 à 700 tonnes de fonte par an. La plus grande partie de cette faible production est employée au moulage ; le reste de la fonte, avec de la ferraille achetée, est traité dans six feux d'affinerie avec marteau à soulèvement. M. Lantzky possède également la petite forge de Nagybaczon, située à une certaine distance de Szentkeresbánya.

Une médaille de bronze lui a été attribuée par le Jury.

Les usines du comte Frédéric Wenckheim comprennent les deux hauts fourneaux de Menyháza et de Restiràta ainsi que la forge de Borossebes, dans le comitat d'Arad.

Le premier haut fourneau a 36 mètres cubes de capacité, le second 13 mètres cubes seulement ; ils traitent au charbon de bois des limonites en grains et produisent ensemble 1,500 tonnes de fonte par an. La forge de Borossebes comprend un bas foyer, un four à puddler double avec deux gazogènes chauffés au bois, un four à réchauffer au gaz, un marteau-pilon de 3 tonnes, un train à fer marchand et un petit train, produisant chacun 950 tonnes par an.

Les usines du comte Frédéric Wenckheim ont obtenu une mention honorable.

En Croatie, la Société anonyme Ganz et Cie fond au charbon de bois, dans le haut fourneau de Topousko, une limonite tenant 47 p. 100 de fer, 0.43 p. 100 de manganèse, 0.12 p. 100 d'acide phosphorique et 0.09 p. 100 d'acide sulfurique. Le haut fourneau a 14 mètres cubes de hauteur et 58 mètres cubes de capacité ; il est muni d'un appareil en fonte pour chauffer le vent. En 1898, sa production a été de 5,530 tonnes de fonte.

Le Jury de la Classe 64 n'a pas cru devoir, pour cet établissement sans importance, donner une récompense secondaire à la maison Ganz et Cie, qui a obtenu un grand prix dans la Classe 32.

ITALIE.

L'industrie sidérurgique fonctionne en Italie dans des conditions particulières ; la production de fonte y est insignifiante alors que celle du fer et de l'acier présente une certaine importance. Ce phénomène anormal s'explique à la fois par l'uti-

lisation des ferrailles de toute provenance et par l'importation de fontes destinées à l'affinage.

La production de la fonte a été de 13,000 tonnes environ en 1899 ; elle a été obtenue dans quelques petits hauts fourneaux au charbon de bois, situés les uns sur la côte de Toscane, à Follonica et à Piombino, et alimentés par les minerais de l'île d'Elbe, les autres dans les vallées des Alpes lombardes et approvisionnés de minerais spathiques par des gîtes locaux.

C'est surtout le manque absolu de combustible minéral propre à la fabrication du coke qui limite la production de la fonte en Italie ; il convient cependant d'ajouter que le seul gisement de minerai de fer suffisamment reconnu, celui de l'île d'Elbe, ne saurait alimenter pendant de bien longues années une grosse production de fonte et que les filons de sidérose des Alpes ne semblent pas avoir une bien grande importance.

En résumé, la sidérurgie italienne se borne à la transformation de la ferraille par soudage ou bien au traitement de cette matière au four Siemens-Martin, en mélange avec des fontes importées. Le combustible employé est parfois de la houille, également importée, d'autres fois des lignites d'origine italienne. Il existe en Italie des usines assez nombreuses qui appliquent l'une ou l'autre de ces formules de transformation, mais deux seulement parmi ces usines, celles de Terni et de Savone, ont une grande importance. Leur exposition occupait la plus grande partie de la section italienne de la Classe 64 où figuraient en outre la Fonderie Franchi-Griffin, de Brescia, et la Fonderie milanaise d'acier, à Milan, qui seront décrites dans des chapitres spéciaux.

La Société des hauts fourneaux, fonderies et aciéries de Terni (Italie) a ses établissements principaux à Terni (province de Pérouse), mais elle possède également une usine importante à Savone, des mines de lignite à Spolète, des mines de fer et des hauts fourneaux actuellement inactifs dans le Val Trompia (Lombardie); enfin, un terrain de 36 hectares à Civita-Vecchia. Cette dernière propriété avait été achetée en vue de la création de hauts fourneaux alimentés par des minerais de l'île d'Elbe ; mais, pour des raisons à la fois techniques et financières, on a renoncé à ce projet. D'autre part, l'expérience a montré que les fontes fabriquées, au charbon de bois, avec les minerais carbonatés du Val Trompia revenaient à un prix beaucoup trop élevé ; cette constatation a amené l'extinction des hauts fourneaux que la Société avait exploités un certain temps dans cette vallée.

Aujourd'hui, son industrie est alimentée exclusivement par des fontes de provenance étrangère qu'elle transforme à Terni par les procédés Bessemer et Siemens-Martin, à Savone par ce dernier procédé exclusivement, ou qu'elle moule sous la forme de tuyaux ou d'autres objets dans les fonderies annexées à chacun des deux établissements ci-dessus.

Située sur le bord même de la mer, l'usine de Savone s'alimente à l'étranger de combustible comme de fonte et développe au moyen de machines à vapeur la puissance motrice dont elle a besoin. L'usine de Terni a un caractère un peu moins factice, en ce sens qu'elle est alimentée de combustible principalement par les mines de lignite

de Spolète et qu'elle emprunte à la chute du Velino toute la puissance motrice dont elle a besoin, y compris celle nécessaire au fonctionnement de ses marteaux-pilons.

La lignite de Spolète n'est pas, il s'en faut de beaucoup, un combustible de qualité supérieure. Il forme, dans un bassin pliocène d'assez faible étendue superficielle, une couche de 6 mètres d'épaisseur moyenne ; une partie de cette couche est ligneuse, assez solide, l'autre est tourbeuse et très friable. Ce combustible contient, au moment de son extraction, de 35 à 36 p. 100 d'eau hygrométrique; son pouvoir calorifique est de 2,565 calories seulement. On peut cependant l'employer avec avantage dans les gazogènes.

La force motrice hydraulique, qui a motivé la création de l'usine, a été empruntée au Velino, affluent de la Nera, dans la vallée de laquelle les constructions ont été établies. La vallée de Velino, à son débouché dans la vallée principale, présente une dénivellation brusque de 165 mètres qui donne lieu aux chutes grandioses dites des *Marmore*. Au-dessous du confluent, la vallée de la Nera présente encore une pente très rapide; aussi, la chute obtenue à l'aciérie atteint-elle 205 mètres; le débit minimum utilisé est de 5 mètres cubes par seconde. La puissance théorique disponible dépasse donc 13,500 chevaux.

L'eau est empruntée au Velino un peu au-dessus de la chute des Marmore; elle traverse un bassin de décantation de 130,000 mètres cubes, où elle dépose la plus grande partie des boues qu'elle entraîne, traverse la vallée de la Nera par trois siphons de 0 m. 70 de diamètre et un de 0 m. 80, séjourne dans un réservoir (bassin Magalotti) situé sur la même rive que l'usine et est amenée enfin à celle-ci par deux groupes de trois conduites de 0 m. 70, pouvant se suppléer l'un l'autre.

Une petite fraction du débit est filtrée au bassin Magalotti et amenée à l'usine par deux conduites de 0 m. 25 et 0 m. 20 de diamètre; elle sert à alimenter certaines des grues hydrauliques qui pourraient être détériorées par le sable fin qui reste encore en suspension après passage de l'eau à travers le bassin de décantation.

La plus grande partie de l'eau motrice est utilisée au moyen de turbines Girard à axe horizontal; seuls les compresseurs d'air sont actionnés par des machines à colonne d'eau.

Les compresseurs sont au nombre de six, du type Dubois-François, pouvant fournir chacun 8 mètres cubes d'air par minute, à la pression de 5,5 atmosphères. Ce débit de 48 mètres cubes par minute était insuffisant pour assurer le fonctionnement régulier des marteaux-pilons, puisque le plus puissant, celui de 108 tonnes, consomme 14 mètres cubes par coup et doit pouvoir donner dix à douze coups par minute. On fut donc amené à établir un réservoir d'air comprimé, de 1,000 mètres cubes de capacité, constitué par une conduite en fonte de 1 m. 25 de diamètre et de 400 mètres de long, posée en terre avec une certaine inclinaison et reliée à son sommet avec le tuyau d'amenée de l'air comprimé. L'extrémité inférieure est mise en communication avec un tuyau de 0 m. 60 aboutissant au fond d'un réservoir d'eau, de grande section horizontale, établi sur une colline voisine de l'aciérie, à 55 mètres au-dessus de celle-ci. L'appareil ainsi

IMPRIMERIE NATIONALE.

disposé fournit de l'air sous une pression qui ne descend jamais au-dessous de 5 kilogrammes par centimètre carré.

L'organisation générale de l'usine de Terni présente des caractères très particuliers puisque la distribution de l'énergie motrice y est obtenue par une triple canalisation d'eau simplement décantée, d'eau filtrée et d'air comprimé, et que la canalisation électrique au contraire ne sert qu'à l'éclairage. Celui-ci est assuré par 660 lampes à incandescence et 130 lampes à arc, alimentées par 18 dynamos.

L'acier destiné à la fabrication des rails, poutrelles, bandages, etc., est obtenu au moyen de deux convertisseurs de 8 tonnes. Pour la production des lingots servant à la fabrication des tôles, blindages, tubes à canons, etc., et des moulages, on se sert de cinq fours Siemens-Martin, dont un seul est à sole basique. On fabrique en outre l'acier fondu dans deux fours Siemens à 27 creusets chacun.

Les installations de laminage comprennent un gros train pour rails et poutrelles, un train moyen pour rails et profilés, un train à petits fers; enfin, un trio Lauth pour tôles et blindages. Elles sont puissantes, bien qu'inférieures à celles installées récemment dans certaines aciéries.

Les essieux de chemins de fer, les projectiles, les divers éléments de canons jusqu'au calibre de 0 m. 152 sont forgés au moyen de trois marteaux-pilons : un de 7 tonnes pour les pièces pesant jusqu'à 1,500 kilogrammes, un de 10 tonnes pour les pièces pesant jusqu'à 5,500 kilogrammes, un de 15 tonnes pour les pièces pesant jusqu'à 15,000 kilogrammes.

Les bandages sont forgés et percés au pilon de 10 tonnes, bigornés avec le pilon de 7 tonnes, puis, après réchauffage, envoyés à un laminoir à cylindres verticaux et à quatre cannelures, actionné par une turbine de 800 chevaux.

Le travail des gros lingots se fait au moyen soit du grand marteau-pilon, pesant 108 tonnes et ayant une levée de 5 mètres, soit de deux presses de 2,000 et de 6,000 tonnes, actionnées par de l'eau à haute pression fournie par des accumulateurs. La deuxième presse sert en outre comme presse à gabarier.

L'usine de Terni possède des installations considérables pour la cémentation et la trempe des blindages, pour la trempe des éléments de canons et pour celle des projectiles. Elle a obtenu des résultats très remarquables dans ces diverses spécialités, dont elle exécute le parachèvement dans des ateliers très complètement outillés.

Elle fabrique, d'ailleurs, elle-même tous les produits réfractaires nécessaires pour sa consommation.

A l'aciérie de Terni est annexée une fonderie de tuyaux, de création antérieure à celle de l'usine principale. Cette fonderie peut produire mensuellement 1,800 tonnes de tuyaux, coudes et pièces annexes; elle est complétée par un atelier de moulage de grosses pièces, disposant d'un puissant outillage.

La Société de Terni a transporté aujourd'hui à Savone le siège principal de sa fabrication de tuyaux. Elle y a créé, à cet effet, une installation très complète qui pourrait produire jusqu'à 120 tonnes par jour.

L'usine de Savone possède, outre sa fonderie de tuyaux, une aciérie fort importante comprenant dix fours Siemens-Martin de 15 tonnes et un de 30 tonnes, tous à sole basique. Elle pourrait produire jusqu'à 100,000 tonnes de lingots par an.

Les lingots sont laminés au moyen de huit trains comprenant un grand train trio à rails, un double train trio pour gros profilés, un train pour profilés moyens à trois cages en trio et une en duo, un petit train, formé d'un ébaucheur en trio et de quatre cages, moitié en trio, moitié en duo, un train machine avec dégrossisseur, un train pour grosses tôles et un train universel, enfin un train à tôles minces.

L'exposition de la Société des hauts fourneaux, fonderies et aciéries de Terni avait été combinée surtout en vue de mettre en évidence la haute qualité des projectiles et des plaques de blindage fabriquées par la Société. Outre ces produits spéciaux, on y voyait des produits commerciaux, tels qu'une tôle en acier Siemens-Martin extra-doux de 2 m. 08 de large et de 13 mètres de long, sur 0 m. 025 d'épaisseur, présentant une résistance de 48 kilogrammes par millimètre carré, de nombreux types de rails et d'éclisses, la série complète des tuyaux à emboîtement fabriqués par l'usine, depuis le diamètre de 0 m. 020 jusqu'à celui de 1 m. 250, tous coupés suivant leur axe, 229 profils de barres formant la série de la Société de Terni, etc. On y voyait également de beaux moulages en acier, tels que des pistons ou couvercles de cylindres à vapeur et une pièce de la distribution d'eau de l'aciérie, exposée brute et simplement recuite, essayée à 35 kilogrammes; cette pièce pèse 9,380 kilogrammes.

La Société de Terni a obtenu un grand prix dans la Classe 64.

JAPON.

En matière d'industrie sidérurgique comme en beaucoup d'autres, le Japon présente des contrastes fort singuliers. On y rencontre encore, à côté d'usines installées d'après les principes modernes, de vieilles usines travaillant au bas foyer ou par des procédés analogues.

Les seuls exposants figurant au catalogue officiel, MM. Itohara (Butarô), Sakuraï (Saburoyémon) et Tanabé (Tchôyémon), tous du département de Shimané, représentaient exclusivement l'ancienne formule de travail; leur production annuelle était de 290 tonnes pour le premier et de 470 tonnes pour le deuxième. Les minerais employés sont des magnétites un peu titanifères, obtenues à l'état de sable par le lavage de roches granitiques désagrégées.

Le traitement comporte deux phases, l'une de réduction, l'autre d'affinage partiel et d'élaboration. La réduction s'effectue avec du charbon de bois, dans de petits fours à cuve, rectangulaires en plan, ayant environ 2 m. 75 de long et 1 mètre de large avec une hauteur de 1 m. 10 à 2 mètres; le vent, fourni par des soufflets manœuvrés avec le pied, est introduit dans le four par 18 à 20 tuyères. Une certaine quantité de fonte coule au dehors, mais il se forme en même temps dans le fourneau un loup ferreux qui monte progressivement jusqu'à ce qu'il arrête le soufflage. On l'extrait en démolissant le fourneau, on le casse et on en trie les fragments. L'acier est forgé sans autre traitement;

la fonte est affinée au charbon de bois dans des bas foyers, creusés dans le sol, qui ont en plan 0 m. 30 sur 0 m. 90 et sont soufflés par des tuyères. De temps en temps on arrose la fonte liquide avec une bouillie argileuse, probablement pour fournir à l'oxyde formé un élément de scorification et en même temps pour épaissir la fonte et faciliter son brassage. On termine par un travail de forgeage sur une enclume couverte de cendres de paille de riz.

Cette méthode de travail est peu productive et ne laisse plus qu'un bénéfice très limité aux usines qui la pratiquent. Elle ne subsiste que grâce à la plus-value qu'obtiennent encore les fers et aciers fabriqués par les anciens procédés.

Il existe au Japon des usines travaillant suivant les formules européennes, notamment celle de Suzuko, dépendant des mines de Kamaishi. Ces mines exploitent deux amas de magnétite, avec grenat, encaissés dans des roches granitiques. Le minerai obtenu tient de 52 à 61 p. 100 de fer avec 0.02 à 0.05 p. 100 de phosphore; il est grillé, puis fondu dans des hauts fourneaux. Six de ces appareils, marchant au charbon de bois, ont 12 mètres de hauteur et produisent 8 à 10 tonnes de fonte par jour; les deux autres, travaillant au coke, ont 18 mètres de haut et produisent 25 tonnes.

L'usine possède, en outre, deux fours à puddler, deux marteaux-pilons, un train de puddlage, deux fours à réchauffer, un train à fers marchands et un train à tôles, mais cet outillage n'est pas utilisé.

L'établissement ne fabrique actuellement que de la fonte; des spécimens de cette fonte figuraient à l'Exposition, mais ils n'ont pas été soumis à l'examen du Jury de la Classe 64.

La fonte produite à Suzuko est transportée par mer à Osaka, à Tokio et à l'arsenal de Yokoska.

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG.

Jusqu'ici le grand-duché de Luxembourg a été principalement producteur de fonte; en 1899, le tonnage obtenu a été de 983,000 tonnes. Mais la création d'aciéries importantes tend à modifier la situation; la fraction de la production totale de fonte transformée en acier ou en fer fondu est destinée à augmenter rapidement.

L'Exposition permettait de se rendre compte assez exactement des ressources et des tendances de la sidérurgie luxembourgeoise.

La plupart des usines produisant de la fonte dans le grand-duché du Luxembourg et en Lorraine ont formé, pour l'écoulement en commun de leurs produits, un syndicat désigné sous le nom de Syndicat Lorrain-Luxembourgeois pour la vente des fontes; son siège est à Luxembourg. Fondé en 1879, il comprend actuellement les établissements suivants :

Société des forges d'Eich (Metz et Cie);
Société anonyme des hauts fourneaux de Rumelange;
Rombacher Hüttenwerke, à Rombach;
Les petits-fils de François de Wendel et Cie, à Hayange;
Société anonyme des hauts fourneaux de Rodange;
Société métallurgique de Sambre-et-Moselle (usine de Maizières-lez-Metz);

Société anonyme des hauts fourneaux, forges et charbonnages de Differdange-Dannenbaum ;

Société anonyme des hauts fourneaux, mines et usines d'Audun-le-Tiche ;

Société anonyme des hauts fourneaux Lorrains (usines d'Aumetz-la-Paix) ;

Ch. et J. Collart, à Steinfurt ;

Société anonyme des hauts fourneaux et forges de Dudelange.

La production du syndicat était de 273,514 tonnes de fonte en 1881, année de sa création ; en 1889, elle avait presque triplé, car elle atteignait 1,046,622 tonnes. Nous reproduisons ci-dessous les chiffres annuels de production de la fonte et de sa vente en nature à partir de cette dernière année :

	PRODUCTION. — tonnes.	VENTE. — tonnes.
1889	1,046,622	611,500
1890	1,081,320	521,000
1891	1,055,873	584,000
1892	1,268,133	623,500
1893	1,148,530	635,800
1894	1,247,387	760,600
1895	1,261,302	667,100
1896	1,328,474	783,100
1897	1,366,731	677,200
1898	1,500,862	921,800
1899	1,712,044	1,004,000

Il ressort de ces chiffres que la production de la fonte, dans le district Lorrain-Luxembourgeois, a suivi une progression constante, sauf une légère perturbation pendant la période 1892-1895, mais que le chiffre des ventes a présenté au contraire d'une année à l'autre, des variations considérables, semblant souvent n'avoir aucun rapport avec celles de la production.

Le syndicat Lorrain-Luxembourgeois pour la vente des fontes se trouvait mis hors concours par la présence de son vice-président dans le Jury de la Classe 64.

Le seul établissement sidérurgique du grand-duché de Luxembourg qui figurât à l'Exposition était la Société des hauts fourneaux et forges de Dudelange, à Dudelange. Cette Société exhibait, d'une part, une pyramide présentant l'apparence générale d'un haut fourneau et formée de bouts de rails posés sur une base composée de lingots et de morceaux de minerai, d'autre part, une série intéressante de dessins, comprenant le plan général de l'usine, celui de la grande station électrique projetée, la coupe du haut fourneau, enfin des photographies de l'usine.

Le développement de celle-ci, depuis son origine, a été remarquablement régulier, Des six hauts fourneaux existant actuellement, deux ont été mis à feu en 1885, un en 1886, un en 1889, un en 1893 et un en 1899. En 1886, on mettait en marche l'aciérie Thomas et le train à billettes, en 1889, le train à fer marchand, en 1890, le train à rails, en 1897, le train à poutrelles.

En 1900, on a commencé l'installation d'une station centrale d'électricité de 5,000 chevaux avec moteurs Otto alimentés par le gaz des hauts fourneaux.

La surface des propriétés minières de la Société est passée de 174 hectares en 1885 à 867 en 1899.

La production a été, en 1899, de 597,404 tonnes de minerai, 231,411 tonnes de fonte, 196,725 tonnes de lingots et 184,045 tonnes de produits laminés.

La Société de Dudelange était hors concours par suite de la présence d'un de ses administrateurs dans le Jury de la Classe 64.

MEXIQUE.

L'industrie sidérurgique est encore à ses débuts au Mexique. A l'Exposition, elle était représentée par deux établissements, la maison Ricardo Honey, à Mexico, et la Compañia Mexicana de Hierro y Acero, à Durango. La première est de création déjà ancienne; elle possède des hauts fourneaux, une fonderie, des fours à puddler, des laminoirs, etc., et occupe 1,500 ouvriers. Les échantillons de fer qui figuraient à l'Exposition paraissaient être d'excellente qualité, d'après les essais de torsion et de pliage qu'on leur avait fait subir.

La Compañia Mexicana de Hierro y Acero a été créée en 1897, avec des capitaux provenant principalement des États-Unis. Le minerai est extrait du gîte du Cerro de Mercado, bien connu depuis longtemps; il est traité au haut fourneau et la fonte est affinée au four à puddler. La Société projette d'installer la fabrication de l'acier.

Les deux établissements ci-dessus ont obtenu l'un et l'autre une médaille d'argent.

RUSSIE.

Depuis une dizaine d'années, le développement de l'industrie sidérurgique de la Russie a été prodigieusement rapide. La production de la fonte, qui était de 612,000 tonnes seulement en 1889, s'est élevée à 2,704,000 tonnes en 1896 et à 2,896,000 tonnes en 1900. Ce dernier chiffre ne sera certainement pas atteint en 1901; on doit s'attendre à ce que la réduction de production se maintienne ou s'accentue même pendant une période d'une certaine durée.

Par suite des nombreuses créations d'usines effectuées dans ces dernières années, la puissance de production de la Russie, au point de vue sidérurgique, dépasse notablement la consommation normale du pays; cette situation, concordant avec une succession de mauvaises récoltes, a provoqué, dans l'industrie du fer et de la fonte, une crise très grave dont on ne saurait actuellement prévoir le terme.

Abstraction faite des tentatives faites dans ces dernières années pour créer, dans la vallée du Volga, des usines transformant, au moyen du naphte de Bakou, des fontes produites au charbon de bois dans l'Oural, on peut répartir les usines sidérurgiques de la Russie en cinq districts d'importance fort inégale. Ce sont, par ordre d'ancienneté de

développement, ceux du centre de la Russie, de l'Oural, de la Pologne, de Saint-Pétersbourg et enfin du midi de la Russie. Ce dernier peut se subdiviser lui-même en deux groupes, alimentés principalement l'un par les minerais riches et purs de Krivoï Rog, l'autre par les minerais de Kertch, pauvres et phosphoreux.

L'importance relative de ces divers districts peut être appréciée d'une façon sommaire d'après les chiffres ci-dessous, indiquant la production de la fonte pendant l'année 1899 :

	tonnes.		tonnes.
Russie centrale	243,000	Sibérie	10,000
Oural	729,400	Russie méridionale	1,354,000
Pologne	308,070		
Russie du Nord	32,007	TOTAL	2,703,890
Finlande	21,320		

Les usines sidérurgiques du centre de la Russie, notamment celles des environs de Toula, remontent au moins au XVIIe siècle; elles n'ont jamais eu, dans le passé, qu'une importance relativement secondaire. Les créations d'usines effectuées récemment dans ce district ne semblent pas devoir lui assurer un développement bien considérable dans l'avenir.

Les minerais qui l'alimentent sont des hématites brunes formant, dans le calcaire carbonifère, des poches peu importantes individuellement, mais très nombreuses et disséminées sur une surface considérable. Ces poches ont été exploitées surtout dans la région de Toula où les minerais extraits étaient traités dans de petits hauts fourneaux au charbon de bois. La quantité de fonte obtenue de cette manière a atteint un chiffre de 140,000 tonnes environ, qui ne pouvait être dépassé que si l'on substituait au combustible végétal des cokes provenant du bassin houiller du Donetz. Étant donnés les tarifs de transport appliqués actuellement à ces cokes d'une part, aux fontes, d'autre part, l'opération ne présentait pas un grand intérêt au point de vue économique. Elle a été tentée néanmoins par la Société des hauts fourneaux de Toula, et par d'autres sociétés ayant pour objet la construction de hauts fourneaux à Orel, Tambov, etc.

La Société anonyme des hauts fourneaux de Toula était la seule affaire sidérurgique du district du centre qui fut représentée à l'Exposition; elle a obtenu une médaille d'argent. Fondée en octobre 1895, elle a mis à feu un premier haut fourneau en mai 1897 et un deuxième à la fin de l'année 1898; son troisième haut fourneau, construit en 1899-1900, n'a pas pu être utilisé par suite du développement de la crise industrielle. En juin 1898, la Société avait acheté l'usine de Myschega, comprenant un haut fourneau, une fonderie de tuyaux et autres articles, et une émaillerie de fonte, et repris le bail de l'usine de Tcherepett, comprenant un haut fourneau au charbon de bois avec un atelier de moulage de poterie.

En 1900, la Société disposait de 12,000 hectares de terrains exploitables pour minerais de fer; ces minerais, en poches dans le calcaire carbonifère, tiennent de 10 à 12 p. 100 de silice. Son usine de Toula comprenait trois grands hauts fourneaux dont

la plate-forme de gueulard était supportée par quatre pylônes en treillis, qui étaient munis chacun de quatre appareils Cowper et qui pouvaient produire chacun de 120 à 140 tonnes de fonte par jour. Le soufflage était assuré par cinq machines de 1,500 chevaux chacune, du type présenté à l'Exposition par la Société de la Meuse; 21 chaudières fournissaient la vapeur nécessaire à l'usine. Une usine à ciment avait été montée pour utiliser les laitiers. A Myschega, la Société possédait un haut fourneau produisant de 40 à 50 tonnes par jour, avec cinq appareils Cowper, deux cubilots et d'importants ateliers de moulage.

L'exposition de la Société de Toula comprenait des échantillons de minerais et de fontes de divers numéros et de nombreux moulages où prédominait la poterie de fonte.

Le groupe du centre comprend, outre les établissements produisant de la fonte, un assez grand nombre d'usines de transformation, fonctionnant dans des conditions diverses. Une de ces usines, celle de Bejitza, a été le berceau de la Société de Briansk, qui a transporté aujourd'hui à Ekaterinoslav le siège principal de son activité métallurgique.

Un autre établissement de la même région, l'Usine métallurgique de Moscou, avait présenté une série intéressante de produits. Créée en 1883 en vue du laminage du fer-machine, au moyen de billettes achetées au dehors, elle s'est développée progressivement par l'installation de fours Siemens-Martin pour la production des lingots, puis par la création d'un atelier de moulages en acier, d'une boulonnerie et d'un atelier de constructions métalliques. La tréfilerie et la pointerie fonctionnaient, presque dès l'origine, à côté de la fabrication du fer-machine.

L'usine de Moscou emploie comme matières premières des ferrailles provenant de Moscou et de ses environs, des fontes provenant principalement de Toula, des houilles et cokes du bassin de Donetz, enfin du naphte amené de Bakou par le Volga. En 1899, elle a consommé 11,496 tonnes de fonte, 33,883 tonnes de ferraille, 3,362 tonnes de houille, 2,325 tonnes de coke et 31,200 tonnes de naphte. Elle a produit 40,953 tonnes de lingots et de moulages d'acier; la fabrication de produits finis a été de 23,704 tonnes de fer marchand, 12,368 tonnes de pointes, de 5,881 tonnes de fils de fer, de 2,882 tonnes de boulons, écrous, rivets, etc., 1,310 tonnes de crampons et 372 tonnes de produits divers.

En dehors des échantillons de fils, pointes et autres fabrications courantes, l'usine de Moscou avait présenté à l'Exposition des moulages d'acier de grandes dimensions et d'une réussite remarquable.

Elle a obtenu un grand prix dans la Classe 64.

Après le district du Centre, le plus ancien en Russie est celui de l'Oural dont les origines remontent au début du XVIIIe siècle. Ce district a conservé presque intactes jusqu'ici les traditions de l'ancienne sidérurgie fondées sur l'emploi du combustible végétal et de la force motrice hydraulique. L'exploitation du combustible minéral, assez abondant dans la région, mais de qualité médiocre, n'a apporté à cet état de choses qu'une modification partielle. Ce combustible ne saurait, en effet, être utilisé pour la fabrication de la fonte dont la production reste strictement limitée par la quantité de combustible végétal dont les usines peuvent disposer.

La question forestière a donc une importance de premier ordre pour ces usines qui ont pour objet essentiel de tirer le meilleur parti possible d'un domaine forestier dont les produits ne sauraient être vendus directement à cause de la difficulté des transports et de l'éloignement des centres de consommation. En employant le bois à la fabrication de la fonte, du fer ou du cuivre, au moyen des minerais qui abondent dans la région, on transforme ce produit immédiat du sol en un autre d'une valeur plus grande et d'une réalisation plus facile.

D'autre part, la difficulté des communications contribue à imprimer à l'industrie sidérurgique de l'Oural un caractère tout spécial. Les transports par chevaux effectués sur de mauvaises routes reviennent fort cher et ne sauraient dépasser ni un certain tonnage sur une section déterminée, ni une certaine distance à partir du point de production. A ce dernier point de vue, la limite pratique des transports correspond à une vingtaine de kilomètres pour le bois, à une quarantaine pour le charbon de bois.

Lorsque ce mode de transport est le seul auquel la nature du terrain permette d'avoir recours, la puissance productive d'une usine reste fort limitée, de même que le poids du combustible que l'on peut y concentrer annuellement. Les usines de l'Oural produisant plus d'un million de pouds, soit 16,000 tonnes par an, sont une exception. Aussi a-t-on été amené, pour tirer parti des immenses domaines forestiers qui existent dans la région, à établir à l'intérieur de chacun d'eux plusieurs usines formant autant de centres d'exploitation forestière. Le domaine de Taguil comprend dix pareils centres, celui de Lysva, quatre; celui de Kychtym, sept, pour des surfaces de 638,000, 528,000 et 491,000 hectares et pour des productions annuelles de 72,886, 26,200 et 25,200 tonnes de fonte. Encore faut-il remarquer que la première de ces exploitations ne peut soutenir une production aussi élevée qu'en achetant du charbon de bois à l'extérieur.

La dissémination des opérations métallurgiques augmente considérablement les frais généraux de toute nature; elle était imposée autrefois non seulement par les difficultés de concentration du combustible, mais aussi par la nécessité de se procurer la force hydraulique dont on avait besoin. L'emploi de la vapeur ayant rendu cette dernière nécessité moins absolue, on a pu remanier l'aménagement des cours d'eau de manière à développer le flottage du bois et à concentrer par suite les opérations sidérurgiques sur un nombre moindre de points.

La construction de chemins de fer permet d'aller plus loin encore dans la voie de la concentration, mais elle nécessite des dépenses considérables. Les établissements des Héritiers Paul Demidoff sont les seuls qui aient adopté cette solution coûteuse. Pour la construction de 74 kilomètres de voie large et de 73 kilomètres de voie étroite, ils ont dû dépenser 1,479,297 roubles, soit environ 3,500,000 francs. Mais ils ont obtenu un résultat considérable, la possibilité d'utiliser dans toutes les usines du district de Taguil le combustible minéral exploité dans le district de Lounievka. Un autre résultat intéressant est de pouvoir envoyer aux usines secondaires les lingots Bessemer ou Siemens-Martin produits dans les usines principales, ce qui permettra la suppression progressive des feux d'affinerie et des fours à puddler.

Lorsqu'on veut obtenir des produits sidérurgiques de qualité supérieure, on ne peut employer les houilles très sulfureuses de l'Oural que pour un petit nombre d'opérations. On doit alors continuer à se servir exclusivement de combustible végétal non seulement au haut fourneau et au bas foyer, mais encore pour le puddlage et au four Siemens-Martin. Mais du moins, pour toutes les opérations où on a recours à la gazéification, il est possible de substituer aux bûches de grandes dimensions, seules employées autrefois, les souches et les racines préalablement refendues. C'est un résultat fort important, car il permet de diminuer considérablement la consommation du bois et, par suite, d'observer avec la rigueur nécessaire les règles d'un bon aménagement forestier, trop longtemps méconnues dans l'Oural, où la lenteur de la croissance du bois doit faire espacer les coupes à des intervalles de soixante ans pour les arbres à feuilles caduques et de cent vingt ans pour les conifères.

Toutes les usines de l'Oural ont cherché, dans ces dernières années, à augmenter leur production et y ont réussi dans une certaine mesure; aussi le poids de fonte obtenu annuellement a-t-il atteint, dans l'ensemble du district, 729,000 tonnes en 1899.

L'écoulement des produits sidérurgiques de l'Oural s'effectue dans des conditions particulières. Une faible fraction est consommée sur place ou expédiée dans la direction de l'Est. La plus grande partie est vendue annuellement à la foire de Nijni-Novgorod après avoir eu à supporter des frais de transport relativement élevés. Elle se répartit ensuite sur l'ensemble de la Russie, bénéficiant aujourd'hui encore, par rapport aux fers produits au combustible minéral, d'une certaine préférence traditionnelle. Aussi, la crise qui sévit en ce moment d'une manière si intense dans les usines du midi et du centre de la Russie ne semble-t-elle pas devoir présenter, pour le district de l'Oural, le même caractère de gravité.

Ce district était représenté dans la Classe 64 par les usines de la Couronne, à Perm, Zlatooust et Kusinsk, par les mines et usines de Nijni-Taguil et Louniefka, appartenant aux Héritiers Paul Demidoff, par les mines et usines de Lysva, appartenant au comte P.-P. Schouvaloff, et par les usines de Kychtym, appartenant aux Héritiers Rastorgueff, mais l'exposition de ces dernières se rattachait plutôt à la Classe 65 qu'à la Classe 64.

Les usines de la Couronne présentaient de remarquables échantillons de leurs fabrications diverses. Kusinsk exposait des moulages très soignés, notamment un escalier en fonte ajourée dont les marches présentaient une flexibilité très sensible. Les échantillons les plus intéressants étaient ceux de matériel de guerre provenant de l'usine de Perm; c'étaient notamment un canon de 8 mètres de longueur, non fini; un canon et un obusier complètement terminés et des obus de divers calibres soit complets, soit sciés suivant l'axe, de manière à mettre en évidence la régularité de leur fabrication.

Le métal à canons est obtenu au four Siemens-Martin; il renferme 2.5 p. 100 de nickel et donne jusqu'à 30 p. 100 d'allongement avec une limite élastique de 60 kilogrammes par millimètre carré et une résistance de 80 kilogrammes à la rupture.

Les obus sont fabriqués par le procédé Ehrhardt.

Les usines de la Couronne ont obtenu un grand prix dans la Classe 64.

Les usines de Nijni-Taguil et de Lounievka, appartenant aux Héritiers Paul Demidoff et dirigées par M. Jaunez-Sponville, ont obtenu la même distinction. L'intérêt de leur exposition, fort bien disposée en elle-même, était considérablement augmenté par l'adjonction d'une notice très intéressante, exposant non seulement dans tous ses détails la situation actuelle de l'affaire, mais aussi donnant sur l'état de l'industrie sidérurgique de l'Oural des renseignements caractéristiques.

Les usines Paul Demidoff sont réparties entre deux grands domaines, celui de Taguil, représentant une surface totale de 638,080 hectares, dont 531,336 de forêts, et celui de Lounievka, comprenant une surface totale de 230,000 hectares, dont 86,239 sont boisés.

Ce deuxième domaine se décompose en réalité, au point de vue forestier, en deux parties, le district d'Alexandrowski qui alimente de combustible l'usine du même nom, ainsi que celle de Nikitinski (Maïkora) et le district de l'Ousseva, dont la surface de 75,000 hectares, exclusivement forestière, contribue à approvisionner de charbon, par voie ferrée, le groupe des usines de Nijni-Taguil.

Le domaine de Lounievka renferme la houillère de Lounia, dont la production a atteint le chiffre de 100,604 tonnes en 1899. La houille exploitée est assez impure, car elle ne fournit au lavage que 49 p. 100 de houille propre pour 17.2 p. 100 de houille impure et 14.1 p. 100 de schlamms, mais elle contribue néanmoins à l'augmentation de la production sidérurgique en se substituant au bois et au charbon de bois pour une foule d'emplois secondaires, tels que le chauffage des fours à réchauffer et des chaudières. On verra plus loin qu'elle joue dans la métallurgie du cuivre un rôle important.

Le nouvel atelier de laminage en construction à Nijni-Salda travaillera à la houille. Ce combustible donne, à la carbonisation, 62 p. 100 de coke en morceaux et 7.75 p. 100 de menu.

La production de coke a été de 11,110 tonnes en 1899.

Lounia est relié depuis 1880 à Taguil par un embranchement du chemin de fer de l'Oural.

Les deux autres centres d'exploitation forestière de Lounievka sont à des distances considérables de Nigni-Taguil; Ousseva à 270 kilomètres environ, Alexandrovski à 340 kilomètres. L'usine de Maïkora est à 130 kilomètres au delà d'Alexandrovski.

Le district de Taguil, de beaucoup le plus important, ne comprend pas moins de dix usines, sans compter l'usine à cuivre de Vouya, créée en 1720. Ce sont Nijni-Taguil (1725), Laya (1726), Tcherno-Istochinsk (1729), Vicimo-Chaitansk (1741), Nijni-Salda (1760), Vicimo-Outchinsk (1771), Verkné-Salda (1782), Avrorinski (1850), Antonovski (1853), Issa (1873).

L'usine de Nijni-Taguil est le centre du district; la population agglomérée autour d'elle s'élève à 35,000 habitants. Les autres établissements se trouvent compris dans un

rayon un peu inférieur à 50 kilomètres, les plus éloignés étant Nijni-Salda, à 47 kilomètres vers l'Est, et Vicimo-Outchinsk, à 48 kilomètres vers le Sud-Est.

Cette dissémination du travail était motivée par l'impossibilité de concentrer en un point donné de grandes quantités de combustible végétal. Pour obvier aux inconvénients qui en résultent, on a pris le parti de relier les établissements les uns aux autres par des voies ferrées; on a construit récemment 74 kilomètres de voie large, de Nijni-Taguil à Nijni- Salda par Verkné-Salda, et 73 kilomètres de voie étroite, de Nijni-Taguil à Vicimo-Outchinsk, par Antonovski, Tcherno-Istochinsk et Vicimo-Chaitansk.

L'ensemble des usines du groupe de Taguil comprend, en fait d'outillage sidérurgique, abstraction faite du traitement du cuivre : 11 hauts fourneaux, 4 cubilots, 16 feux comtois, 17 fours à puddler, 7 fours à réverbère, 2 convertisseurs Bessemer, 4 fours Siemens-Martin, 35 fours à souder, 29 fours à réchauffer, 6 fours de cémentation, 1 four à recuire, 18 trains de laminoirs, 30 marteaux divers et 1 tréfilerie. Leur puissance motrice est fournie : pour 690 chevaux, par des roues hydrauliques; pour 2,412, par des turbines; pour 2,287, par des machines à vapeur fixes (non compris la machine de 6,000 chevaux du nouveau train de laminoirs de Nijni-Salda), et pour 106 chevaux, par des locomobiles.

Le district de Lounievka possède seulement 2 hauts fourneaux, 10 fours à puddler, 1 four Martin et 2 fours Siemens pour réchauffage, 5 trains de laminoirs, 1 marteau-pilon à vapeur et 6 marteaux hydrauliques. La force motrice y est fournie presque uniquement par l'eau.

L'étude détaillée des diverses fabrications des usines Paul Demidoff sera faite dans des chapitres spéciaux. Nous nous bornerons à indiquer ici leurs chiffres de production pour l'année 1899 :

	tonnes.		tonnes.
Fonte	72,886	Semelles, éclisses et crampons	3,294
Fers marchands	17,085	Fers ouvrés	48
Tôles fortes et demi-fortes	3,548	Chutes, rognures, etc.	948
Tôles fines	4,158	Rails	21,678
Tôles spéciales (fabrication de pelles, etc.)	1,406	Acier cémenté en barres	847
		Acier forgé, laminé ou profilé	266

Soit en tout 53,179 tonnes de fer et d'acier sous des formes diverses. La totalité des salaires a été de 5,463,312 roubles en 1899.

L'exposition des usines de Taguil et de Lounievka renfermait des spécimens nombreux de leurs diverses fabrications, avec des essais caractéristiques au point de vue de la qualité.

Les mines et usines métallurgiques du district de Lysva (Oural), appartenant au comte P.-P. Schouvaloff, ont obtenu une médaille d'or. Leur importance, moindre que celle du groupe précédent, est encore considérable, car leur production a été la suivante en 1899 :

Fonte	26,225 tonnes.
Tôles	6,277
Fers en barres	167

Il faut y ajouter 1,760 kilogrammes de platine et 49 kilogrammes d'or.

Ces usines n'ont pas eu besoin des mêmes efforts que celles de Taguil pour maintenir et même développer leur production sans nuire au bon aménagement de leurs forêts. Disposant d'une surface totale de près de 530,000 hectares, dont 516,000 de forêts, elles ont pu en réserver 320,000 hectares à l'approvisionnement des usines et en laisser 4,400 inutilisés, tout en conservant 167,700 hectares à l'exploitation pour la vente du bois.

Le domaine comprend trois usines à fonte, Teplogorsky (1 haut fourneau), Bissersky (2 hauts fourneaux), Koussié-Alexandrowsky (2 hauts fourneaux) et l'usine à fer Lysvensky, comprenant 25 fours à puddler et à réchauffer, 1 four Siemens-Martin et 1 train à tôles. On y construisait, en 1900, deux nouveaux fours Siemens-Martin, d'une capacité de 20 tonnes chacun et on y installait un nouveau train à tôles, en vue de porter à 10,000 tonnes la production annuelle de cette spécialité.

Chacune de ces usines est alimentée de combustible végétal par un district forestier qui lui est spécialement affecté.

Les usines de Kychtym, à Kychtym (gouvernement de Perm), appartenant aux Héritiers Rastorgueff, figuraient à la fois dans les Classes 64 et 65. Elles ont obtenu dans cette dernière un grand prix pour leurs remarquables moulages; la Classe 64 n'a pas cru devoir leur attribuer une récompense qui eût été d'ordre inférieur.

La surface totale appartenant aux usines de Kychtym est de 569,339 hectares, dont 452,809 en forêts, ce qui représente 79.51 p. 100 du total. Elle renferme d'assez nombreux gisements d'hématite brune et de sidérose qui suffisent à peu près à assurer l'alimentation des usines. Ces minerais tiennent de 45 à 52 p. 100 de fer, 11 à 20 p. 100 de silice et une proportion de phosphore variant entre 0.28 et 0.56 p. 100 : ils sont faciles à réduire après grillage.

Les usines sont au nombre de trois et produisent chacune la fonte qu'elles transforment ensuite. Les hauts fourneaux sont au nombre de trois à Verkhné-Kychtym, de deux à Kasli et de trois à Niazépetrovsk. Dans cette dernière usine, on vient d'installer un four Siemens-Martin à sole basique; jusqu'ici l'affinage avait été pratiqué exclusivement au bas foyer et au four à puddler. Dans l'ensemble des usines de Kychtym, il existe 16 feux comtois marchant au vent chaud et 26 fours à puddler, dont 8 à réchauffer du système Boétius et 18 du système Siemens.

Les usines principales de Verkhné-Kychtym, Kasli et Niazépetrowsk comprennent, en outre, des trains de laminoirs et des marteaux pour la fabrication du fer en barres et de la tôle mince; les usines secondaires de Tétenchsk et de Chémakinsk sont aménagées en vue de produire, la première des tôles minces, la deuxième des fers en barres, au moyen de produits intermédiaires provenant des trois autres.

L'usine de Kasli a la spécialité de la fabrication des moulages de fonte. Elle est arrivée à une perfection dont les spécimens artistiques figurant à l'Exposition fournissaient un éclatant témoignage.

Les usines de Kychtym produisent actuellement 25,000 tonnes de fonte par an; les

produits marchands correspondants sont 4,000 tonnes de fonte moulée, 10,000 tonnes de fers en barres et 5,000 tonnes de tôles.

Le groupe sidérurgique de Saint-Pétersbourg se compose d'un petit nombre d'usines créées, il y a de vingt-cinq à trente ans, pour profiter de l'écart considérable qui existait alors entre le chiffre des droits de douane sur la fonte, d'une part, sur les produits finis, d'autre part. Ces usines s'alimentaient de fontes et de combustibles importés, de provenance anglaise principalement, et utilisaient simplement la main-d'œuvre locale pour le travail de transformation; le relèvement des droits de douane sur les matières premières a rendu leur situation fort précaire. Aucune d'elles n'était représentée à l'Exposition.

Le remaniement des tarifs douaniers, commencé à partir de 1884, a également modifié d'une manière sensible la situation économique des usines du district de Pologne.

L'industrie sidérurgique est déjà ancienne dans ce district, mais elle y était restée assez peu développée jusqu'au moment où le tarif de douanes de 1868 provoqua la création, à la frontière même, d'usines destinées à transformer des fontes d'origine allemande, introduites moyennant le payement d'un faible droit. Plusieurs grandes sociétés silésiennes furent ainsi amenées à créer, sous des raisons sociales indépendantes, des établissements russes qui leur assuraient l'écoulement d'une partie de leur production de fonte tout en leur assurant, du fait de la transformation de cette fonte, des bénéfices relativement élevés. D'autres usines analogues furent créées par des capitalistes russes, ou bien d'anciens établissements sidérurgiques furent transformés en vue de profiter de l'écart des droits de douane.

Le relèvement des droits sur la fonte, opéré progressivement de 1884 à 1891, obligea les établissements fondés en vue d'opérer un simple travail de transformation soit à émigrer dans un autre district, comme le fit la Société de Praga, en 1887, soit à installer des hauts fourneaux ou à développer la production de ceux qu'elles possédaient. L'entreprise ne laissait pas que de présenter quelques difficultés, car les minerais locaux étaient pauvres, relativement peu abondants, et le coke faisait complètement défaut. En ce qui concerne les minerais, le problème a été à peu près résolu; la production des minerais locaux, soit hydroxydés, soit carbonatés, a été considérablement développée dans ces dernières années, et on a pu obvier aux inconvénients de leur pauvreté relative en recourant à des additions croissantes de minerais riches provenant de la région de Krivoï Rog. Mais, en ce qui concerne le coke, la situation est moins satisfaisante; les recherches entreprises pour découvrir des charbons à coke dans la partie polonaise du bassin silésien n'ont abouti jusqu'ici à aucun résultat. L'alimentation des hauts fourneaux est donc assurée au moyen de cokes importés soit de la région occidentale du bassin houiller de Haute-Silésie, où la qualité est médiocre, soit de la Basse-Silésie ou du district d'Ostrau-Karwin, où l'on peut obtenir une qualité supérieure moyennant un prix plus élevé. Quelle que soit la provenance, le prix de revient du coke rendu aux usines se trouve majoré d'un droit de douane.

Par suite de ces conditions économiques, les usines de Pologne produisent de la fonte

à un prix relativement élevé; en compensation, elles disposent, pour les opérations de transformation, d'un combustible peu coûteux et d'une main-d'œuvre bien plus exercée que celle dont dispose le district du midi de la Russie.

La sidérurgie polonaise était représentée à l'Exposition par la Société anonyme des forges et aciéries de Huta-Bankowa, à Dombrowa, et par la Société anonyme des usines de fabrication de tubes et des forges de Sosnovice (ancienne Société S. Huldschinsky et fils).

La Société des forges et aciéries de Huta-Bankowa, société anonyme française constituée en 1877, exploite depuis cette époque les anciennes usines fondées en 1839, à Dombrowa, par la Banque de Pologne, administrées par l'État à partir de 1845 et vendues par lui en 1876. Elle leur a fait subir une transformation complète et a développé d'une manière continue leur production, de manière à atteindre le chiffre de 123,000 tonnes de lingots en 1898-1899. Le trait caractéristique de cette réorganisation a été le développement donné à l'affinage, sur sole basique, de la fonte liquide par des additions de minerai riche. Nous reviendrons sur ce point dans un chapitre spécial.

L'usine de Huta-Bankowa possède quatre hauts fourneaux dont trois sont normalement en marche, onze fours Siemens-Martin, à sole basique, d'une capacité de 15 à 30 tonnes, un atelier de moulage d'acier, cinq trains de laminoirs, desservis par onze fours à réchauffer et permettant de fabriquer tous les échantillons depuis les rails jusqu'au fer-machine, un train à grosses tôles, un train à tôles minces, un train universel de 0 m. 65 d'entre-axe; ces trois trains étant desservis par sept fours à réchauffer et huit fours à recuire, un atelier de fabrication de bandages et essieux comprenant deux marteaux-pilons de 15 tonnes, un de 5 tonnes, un train à bandages et sept fours à réchauffer.

Le personnel est de 32 ingénieurs, 53 contremaîtres, 95 employés et 3,565 ouvriers; la paye mensuelle des ouvriers et employés représente 140,000 roubles.

La capacité de production annuelle est de 100,000 tonnes de fonte, 130,000 tonnes de lingots, 1,200 à 1,500 tonnes de moulages d'acier, 150,000 tonnes de barres de toutes dimensions, 40,000 tonnes de grosses tôles, 5,000 tonnes de tôles minces, 15,000 tonnes de bandages, 5,000 tonnes d'essieux, 6,000 tonnes d'éclisses, 3,000 tonnes de selles, 500 tonnes de boulons et écrous, 2,500 tonnes de crampons. En 1898-1899, les ventes de fers marchands, tôles, matériel de chemins de fer et moulages ont atteint 97,744 tonnes.

L'exposition de la société faisait ressortir, par des tableaux indiquant les chiffres annuels de production et de vente depuis l'origine, la régularité remarquable du développement de son activité. Elle mettait en même temps en évidence la qualité supérieure des produits obtenus.

La Société de Huta-Bankowa se trouvait placée hors concours, son président faisant partie du Jury de la Classe 33.

La Société anonyme des usines de fabrication de tubes et des forges de Sosnovice est une transformation récente (février 1898) de la maison S. Huldchinsky et fils qui avait installé, en 1881, la fabrication des tubes en acier à Sosnovice, au voisinage immédiat

de la frontière allemande. A l'origine, l'usine faisait venir de l'autre côté de cette frontière les tôles ou larges plats dont elle avait besoin; en 1897, elle se décida à les produire elle-même et monta à cet effet deux fours Siemens-Martin, un train à deux cages pour tôles fortes, un train à tôles minces et un train universel. Elle possède actuellement, outre les appareils ci-dessus, deux appareils d'étirage pour tuyaux soudés par rapprochement et six trains pour tuyaux soudés à recouvrement, par un procédé breveté, un atelier à 26 feux de forge pour fabrication de brides de joint, un atelier de zingage et une fonderie.

Elle fait, en outre, construire à Zaviercie un haut fourneau qui devra produire annuellement 35,000 tonnes de fonte.

Sa capacité de production est, comme produits bruts, de 34,900 tonnes de lingots, 11,500 tonnes de tôles fortes, 600 tonnes de tôles minces et 10,800 tonnes de larges plats; comme produits finis, de 3,500 tonnes de tuyaux soudés par rapprochement, 10,500 tonnes de tuyaux à recouvrement et 800 tonnes de brides.

L'exposition de la Société des usines de fabrication de tubes et des forges de Sosnovice consistait en un kiosque d'assez grandes dimensions, construit en tubes droits ou recourbés, sous lequel se trouvaient disposés des échantillons des diverses fabrications de la société, notamment un disque de 2 m. 55 de diamètre et de 0 m. 02 d'épaisseur, une tôle de 11 mètres sur 1 m. 60, avec 0 m. 0033 d'épaisseur, un serpentin de 18 mètres de long formé d'un tube de 0 m. 032 de diamètre, etc.

La Société a obtenu un grand prix.

Dans une région placée entre les districts de l'Oural et du Midi, représentant l'un les anciennes traditions métallurgiques russes, l'autre les formules les plus modernes de la sidérurgie alimentée par le combustible minéral, s'était développée, au cours de ces quatre dernières années, une formule mixte, introduite, avec un succès médiocre d'ailleurs, par deux grandes sociétés françaises.

Cette formule avait été appliquée depuis longtemps déjà, sur une échelle restreinte, par la Société métallurgique de Moscou; elle consistait à produire, dans l'Oural, de la fonte au charbon de bois, à transporter cette fonte par eau jusqu'à une usine de transformation située sur les bords du Volga, et à utiliser, pour l'affinage et le laminage, les résidus de la distillation du naphte. Ces résidus, produits en abondance à Bakou, peuvent être transportés assez économiquement, par la mer Caspienne d'abord, par le Volga ensuite.

Ingénieuse en principe, cette combinaison présentait des difficultés d'application multiples qui l'ont fait échouer finalement. Des deux sociétés qui l'avaient prise pour base de leur organisation, l'une, la Société de Volga-Vichera, s'est arrêtée en temps opportun dans la voie des installations coûteuses; l'autre, la Société métallurgique de l'Oural-Volga, a poussé l'expérience jusqu'au bout et a fini par aboutir à une liquidation. Cette dernière société était seule représentée à l'Exposition.

Comme base initiale d'opération, elle avait acquis dans l'Oural méridional l'usine d'Awzianopetrovsk (gouvernement d'Orenbourg), qui comprenait alors trois hauts four-

neaux au bois, un atelier de puddlage et des laminoirs pour la fabrication des fers marchands. La forge, assez mal installée, fut supprimée en 1898, en même temps que deux des anciens hauts fourneaux. En même temps, on construisait un haut fourneau neuf muni d'une machine soufflante perfectionnée et d'appareils Cowper; un deuxième fourneau, identique au premier, était en construction en février 1900.

Pendant la même période, la Société créait, dans le voisinage de la Léméza, une deuxième usine à fonte, dont le premier haut fourneau a été mis à feu en 1900.

Les terrains forestiers et miniers qu'elle possède en toute propriété représentent une surface totale de 107,814 hectares. C'était une étendue évidemment trop faible pour assurer la production de fonte nécessaire à l'alimentation d'une grande usine; aussi la Société a-t-elle acquis, tant de l'État que des Baschkirs, de nouveaux terrains forestiers, de manière à porter à 458,794 hectares la surface boisée utilisable pour son exploitation.

Malgré tout, on n'était encore arrivé, au commencement de l'année 1900, qu'à obtenir 1,800 tonnes de fonte par mois à Awzianopetrovsk et 1,000 tonnes à la Léméza, alors que la consommation de fonte prévue pour l'aciérie était de 6,000 tonnes.

L'aciérie est installée à Tsaritsyne, sur le bord du Volga; sa surface totale est d'environ 218 hectares, la surface couverte étant de 80,000 mètres carrés. Les matières premières y arrivent presque exclusivement par le Volga; ce fleuve est utilisé également pour l'expédition d'une partie des produits finis. La communication par voie ferrée est assurée par un raccordement traversant un ravin profond sur un pont en fer à trois travées, de 103 mètres de longueur totale.

Tous les fours et toutes les chaudières de l'usine sont chauffés avec le mazout, résidu de distillation du naphte de Bakou. Ce produit est emmagasiné dans un grand réservoir en terre de 16,000 tonnes de capacité et dans quatre réservoirs en tôle recevant chacun 3,200 tonnes.

L'usine comprend une aciérie Siemens-Martin, renfermant 6 fours à sole basique, avec coulée des lingots dans une halle indépendante, un grand train pour blooms et poutrelles, un atelier de tôles moyennes, un atelier de tôles minces, un train marchand, un train cadet et un petit mill. Elle possède, en outre, une série d'ateliers accessoires, tels que fonderie de fonte, d'acier et de cuivre, modelage, atelier d'ajustage et de tournage des cylindres, forge et chaudronnerie, etc.

L'installation générale de l'usine présente divers traits intéressants. L'un est l'existence d'une distribution électrique d'énergie desservant les appareils accessoires de l'usine, tels que ponts roulants, monte-charges, etc. La station centrale, établie sur le bord du Volga, au-dessous du plateau sur lequel l'usine est construite, peut développer 1,800 chevaux. A côté se trouve l'usine élévatoire qui refoule l'eau dans un réservoir de 430 mètres cubes, placé à 15 mètres au-dessus de la cour de l'aciérie.

Il convient également de signaler que toutes les machines des ateliers de laminage, représentant une puissance totale de 16,000 chevaux, sont desservies par un condenseur central du système Weiss.

IMPRIMERIE NATIONALE.

La production mensuelle prévue pour l'usine de Tsaritsyne était de 6,000 tonnes de lingots, 2,500 tonnes de fers marchands et profilés, 1,600 tonnes de tôles moyennes et 1,000 tonnes de tôles minces et de tôles de toiture.

L'exposition de la Société de l'Oural-Volga était intéressante surtout par la présence d'un modèle en relief de l'usine et de divers plans partiels de celle-ci.

La Société a obtenu une médaille d'or.

Le district du midi de la Russie était représenté à l'Exposition par la Société houillère et métallurgique de la Nouvelle-Russie, à Yousovo, la Société des forges et aciéries du Donetz, à Droujkofka, la Société de Briansk, dont l'usine principale se trouve à Alexandrowsk, près Ekaterinoslav; la Société métallurgique de Donetz-Youriefka, à Youriefka, et la Société minière et métallurgique de Nicopol-Marioupol, à Marioupol.

La Société houillère et métallurgique de la Nouvelle-Russie est une société anglaise (New Russian Iron Company) fondée en 1869 par M. John Hughes; la direction de l'affaire est encore aujourd'hui entre les mains de ses fils. Les débuts de l'entreprise furent pénibles à cause des difficultés de l'approvisionnement en minerais et des transports en général. A l'origine, il n'existait aucun chemin de fer dans la région; le premier matériel de l'usine dut être amené, au moyen de chars à bœufs, de Taganrog, c'est-à-dire de plus de 100 kilomètres. Tout était à créer : l'industrie minière n'existait réellement pas dans le pays, et la mise en valeur du magnifique domaine houiller, de 20,000 hectares environ, pris d'abord en location par la Société et acquis ensuite par elle, demanda des années. Les minerais locaux, limonites très siliceuses formant des amas sur les affleurements du calcaire carbonifère, étaient en quantité relativement limitée et nécessitaient des transports considérables. Aussi, la production de l'usine demeura-t-elle assez restreinte jusqu'au moment où l'ouverture du chemin de fer Catherine mit le bassin du Donetz en relation avec la région ferrifère de Krivoï Rog.

La fabrication de la fonte avait été mise en marche régulière au commencement de 1872, celle des rails en fer en 1873, celle des rails en acier Siemens-Martin en 1879. La production annuelle de fonte n'avait pas dépassé 30,000 tonnes jusqu'en 1885, celle des rails, 23,000 tonnes. Dès que l'usine Hughes put recevoir les minerais riches provenant des exploitations qu'elle avait aménagées dans la région de Krivoï Rog, la situation se modifia complètement, d'autant plus que le relèvement progressif des droits d'entrée sur les fontes étrangères avait commencé dès 1884. La production de la fonte dans l'usine Hughes (dite *Yousovo,* suivant l'orthographe russe) augmenta rapidement, de manière à atteindre 100,000 tonnes en 1892, 180,000 en 1896, 234,000 en 1897 et, enfin, 295,000 en 1899; c'est de beaucoup la plus importante de toute la Russie.

Une partie de cette grosse production est livrée directement au commerce; une autre est affinée, soit au four à puddler, soit au four Siemens-Martin, soit enfin au convertisseur. L'installation du Bessemer est récente : c'est seulement en 1898 que l'usine a mis en activité un bassin de deux convertisseurs de 15 tonnes, en même temps qu'un puissant blooming et un nouveau train à rails, réversible, en remplacement de son ancien outillage devenu insuffisant.

Actuellement, l'usine de Yousovo comprend 7 hauts fourneaux, dont un de petite dimension destiné à la fabrication du ferro-manganèse, 2 mélangeurs de fonte, de 130 tonnes chacun, 11 fours Siemens-Martin, à sole acide, d'une capacité de 20 à 25 tonnes, 2 convertisseurs acides, de 15 tonnes, 18 fours à puddler et 2 ateliers de laminage actionnés, l'un par 3 machines développant ensemble 3,400 chevaux, l'autre par deux machines d'une puissance totale de 8,000 chevaux.

La production de l'année 1899 a été de 295,065 tonnes de fonte, 2,131 tonnes de ferro-manganèse, 59,015 tonnes de lingots Martin, 93,355 tonnes de lingots Bessemer, 11,640 tonnes de moulages de fonte, 120,492 tonnes de rails en acier, 9,344 tonnes de fer marchand et 754 tonnes de boulons.

La Société minière et métallurgique de la Nouvelle-Russie exposait des échantillons variés de ses matières premières et de ses produits, avec analyses à l'appui, des profils divers de laminés, des photographies de ses établissements, etc. Elle a obtenu un grand prix.

La Société de Briansk est, par ordre de date, la deuxième des grandes sociétés métallurgiques de la Russie méridionale. Elle avait été constituée le 20 juillet 1873, pour exploiter l'usine de Bejitza, près Briansk (gouvernement d'Orel). Cette usine était destinée à transformer soit de vieux rails en fer, soit des fontes étrangères, au moyen de combustible végétal provenant de forêts du Gouvernement amodiées à cet effet. L'élévation des droits sur les fontes étrangères, accentuée progressivement à partir de 1884, rendit la situation de l'usine de Bejitza difficile, comme celle de toutes les usines analogues. Aussi, la Société se décida-t-elle immédiatement à transporter dans le Midi le siège principal de son activité. En 1885, elle acheta à la Société française de Krivoï Rog un terrain que celle-ci possédait à Ekaterinoslav et y commença la construction de l'usine Alexandrovsk, dont les deux premiers hauts fourneaux furent mis à feu en 1887. Cette usine a acquis depuis un développement considérable; mais il était difficile de se faire une idée de son importance d'après l'exposition restreinte présentée par la Société. Celle-ci a obtenu néanmoins une médaille d'or.

La Société des forges et aciéries du Donetz, fondée le 5 juillet 1891, est, par ordre de date, la troisième entreprise sidérurgique créée dans le bassin même du Donetz : elle n'avait été précédée que par la grande usine de Yousovo, déjà décrite, et par l'usine, beaucoup moins importante, de Souline, placée dans la région anthraciteuse du bassin.

Les grands établissements d'Alexandrowsk et de Kamenskoie, créés de 1885 à 1889, avaient été installés dans un emplacement intermédiaire entre la houille et le minerai, mais plutôt au voisinage de celui-ci, sur les bords du Dniéper. On craignait, en effet, de manquer d'eau pour l'alimentation d'une grande usine si l'on se plaçait sur le terrain houiller, où l'on ne rencontre que des cours d'eau peu importants, souvent à sec à la fin de l'été. L'acquisition par la Société des forges et aciéries du Donetz d'un domaine de 1,420 hectares, s'étendant sur les deux rives de la rivière Krivoï-Toretz, lui permit de s'assurer, par la construction d'un barrage, une réserve d'eau suffisante pour alimenter une grande usine en toute saison.

C. F. E.

L'usine de Droujkofka fut mise en marche en 1894-1895; elle ne comprenait, à cette époque, qu'un haut fourneau, un groupe de 3 convertisseurs acides, de 8 tonnes, et un puissant train à rails. On y adjoignit un deuxième haut fourneau en novembre 1897, puis deux grand fours Siemens-Martin, un train-machine et deux trains à tôles en 1899.

L'exposition de la Société contenait des produits intéressants, parmi lesquels nous citerons un rail de 70 mètres de long, une poutrelle de 52 mètres, pesant 2,800 kilogrammes, enfin une tôle de 16 m. 20 de long et de 1 m. 52 de large, sur 0 m. 004 d'épaisseur, pesant 800 kilogrammes.

La Société des forges et aciéries du Donetz se trouvait placée hors concours, un de ses administrateurs faisant partie du Jury de la Classe 34.

La Société métallurgique Donetz-Youriefka a été constituée en 1895, par M. Altchevsky, grand exploitant de charbons dans le bassin du Donetz, et par M. Herberz, ingénieur et maître de forges à Saint-Pétersbourg. Elle n'avait primitivement d'autre objet que la fabrication de la fonte et plus spécialement de la fonte de moulage. En 1897, elle se décida à entreprendre la fabrication de l'acier et à augmenter en même temps le nombre de ses hauts fourneaux.

Actuellement, l'usine de Youriefka comprend 4 hauts fourneaux, dont un spécialisé pour la fabrication du ferro-manganèse, 2 mélangeurs, 3 convertisseurs de 10 tonnes, 4 fours Martin à sole basique, de 25 tonnes, 6 fours à puddler et 9 trains de laminoirs commandés par deux puissantes machines à trois cylindres. Une station centrale électrique de 1,600 chevaux conduit toute la machinerie accessoire.

Elle est alimentée de combustible par les mines de la Société Alexieff, fondée également par M. Altchevsky. Elle a cherché d'abord à s'approvisionner autant que possible de minerai sur place, suivant le système suivi par la Société de la Nouvelle-Russie, et a réussi à produire annuellement une centaine de mille tonnes de limonite extraite des affleurements du calcaire carbonifère. En même temps, elle s'assurait des fournitures de minerai riche de Krivoï Rog et même de minerai de Kertch, bien que ce dernier, pauvre et phosphoreux, soit peu susceptible d'être transporté avec avantage à une aussi grande distance.

Le développement de la production de la Société Donetz-Youriefka avait été rapide à l'origine; cette société avait produit, en 1899, 126,000 tonnes de fonte et comptait dépasser ce chiffre en 1900, de manière à obtenir environ 245,000 tonnes de produits finis, principalement de poutrelles. De graves difficultés financières sont venues déranger l'exécution de ce programme; néanmoins, l'usine de Youriefka constitue, au point de vue technique, une des bonnes installations sidérurgiques de la région. Il faut d'ailleurs reconnaître que son exposition ne donnait pas une idée exacte de son importance réelle. Elle a obtenu du Jury une médaille d'argent.

La même récompense a été obtenue par la Société de Nicopol-Marioupol, dont l'objet principal est la fabrication des tôles et des tubes soudés. La Société se proposait, en outre, à l'origine, d'utiliser, pour ses opérations métallurgiques, les concessions de manganèse dont elle est propriétaire aux environs de Nicopol, mais elle y a renoncé, le

minerai du Caucase lui revenant à un prix moindre que celui de Nicopol. De même, elle n'a pas essayé de profiter de sa situation sur le littoral pour traiter les minerais de Kertch, même en mélange, comme le font l'usine de la Providence Russe et l'usine de Taganrog. Elle a préféré acheter une exploitation dans la région de Krivoï Rog et s'alimenter exclusivement au moyen des minerais riches et purs qu'elle en extrait.

L'usine comprend 5 grands hauts fourneaux de type américain, à chargement automatique, 5 fours Siemens-Martin, de 30 tonnes, un laminoir à tôles comprenant un trio Lauth, de 2 m. 50 de table, et un train à deux cages, de 1 m. 50 de table, enfin un laminoir à tubes monté avec un vieux matériel américain. Elle peut produire annuellement 115,000 tonnes de fonte, 70,000 tonnes de lingots, 40,000 tonnes de tôles et 120,000 mètres de tubes soudés, de 0 m. 20 de diamètre.

Son exposition se composait simplement de quelques dessins, comprenant notamment celui de son haut fourneau, et de quelques échantillons peu importants de ses fabrications.

Le Jury a accordé une médaille d'argent à la Société de Nicopol-Marioupol.

Le groupe des usines fondées sur les bords de la mer d'Azof en vue de traiter les minerais de la région de Kertch, pulvérulents, à faible teneur et phosphoreux, n'était pas représenté à l'Exposition.

SUÈDE.

La Suède est aujourd'hui le seul pays du monde qui produise encore la fonte, le fer et l'acier à peu près exclusivement au combustible végétal. Ses produits sidérurgiques sont généralement de qualité tout à fait supérieure, mais, en compensation, le développement de sa production est limité, comme celui de tous les districts métallurgiques placés dans les mêmes conditions. La Suède est même, à ce point de vue, dans une situation moins favorable que le district de l'Oural, car ce dernier dispose d'une certaine quantité de houille et d'anthracite, combustibles assez impurs, il est vrai, mais donnant malgré tout, aux usines qui savent les utiliser, le moyen d'accroître le chiffre de leur production sans compromettre pour cela leur aménagement forestier. Le seul gisement de houille que possède la Suède est situé à l'extrémité méridionale du pays, loin des usines à fer; il ne fournit d'ailleurs qu'un combustible impropre à la fabrication du coke et son étendue est si faible qu'une exploitation un peu intensive l'épuiserait rapidement.

Les usines suédoises utilisent assez souvent des déchets de scieries ou même de la tourbe pour le chauffage de fours à réchauffer ou de fours Siemens-Martin, au moyen de gazogènes. Elles disposent souvent de chutes d'eau considérables qui les dispensent de consommer du combustible pour se procurer la puissance motrice dont elles ont besoin. Ces diverses circonstances expliquent comment la Suède a pu développer progressivement son industrie sidérurgique, de manière à faire passer, au cours du XIXe siècle, sa production de fonte de 77,000 tonnes à 531,766 (année 1898), dont les 85 centièmes environ sont transformés sur place en fer soudé ou en acier. En 1897, la production du

fer en barres a été de 306,348 tonnes; celle de l'acier, de 263,878 tonnes. Dans ce dernier chiffre, l'acier au creuset entre pour 918 tonnes seulement; 102,254 tonnes ont été produites au convertisseur, 102,657 sur sole acide et 55,049 sur sole basique. Il n'y a pas lieu pour la Suède, comme pour beaucoup d'autres pays, de répartir les chiffres totaux entre plusieurs districts séparés : la sidérurgie suédoise est groupée dans la région centrale du pays, autour de la latitude de Stockholm, sur une zone s'étendant des lacs Venern et Vettern jusque vers Gefle, sur le golfe de Bothnie. En dehors de cette zone, où les usines forment un groupement assez dense, il n'en existe qu'un petit nombre, soit près de la côte du golfe de Bothnie, soit disséminées dans la région méridionale du pays.

Les minerais employés pour la production de la fonte ont généralement une teneur très faible en phosphore; ils sont grillés avant de passer au haut fourneau, afin d'éliminer le soufre qu'ils renferment parfois en proportion notable. Grâce à cette précaution, les fontes suédoises ne contiennent que des quantités extrêmement faibles de corps pouvant nuire à la qualité des produits finis.

Les hauts fourneaux suédois de construction récente ont en général de 16 à 18 mètres de hauteur; ils sont alimentés de vent chauffé vers 450 ou même 500 degrés et produisent jusqu'à 200 tonnes de fonte par semaine.

L'affinage pour fer se pratique au bas foyer; les fours à puddler, peu nombreux d'ailleurs, qui avaient été installés dans les usines suédoises ont presque tous disparu. Le procédé d'affinage au bas foyer est le plus souvent pratiqué suivant la formule connue sous le nom de « procédé du Lancashire »; l'ancien procédé wallon, qui donnait lieu à une consommation de charbon beaucoup plus élevée, n'est plus guère usité qu'à Dannemora, pour la production des barres destinées à la cémentation.

Les convertisseurs Bessemer employés en Suède sont de petites dimensions; ils reçoivent des charges de 3 à 4 tonnes, correspondant à la coulée maxima d'un haut fourneau au charbon de bois. La fonte employée tient de 0.6 à 1 p. 100 de silicium et de 1.5 à 2.5 p. 100 de manganèse. On a recours à une addition finale, soit de silicospiegel, soit d'aluminium.

Le procédé Siemens-Martin a été introduit en Suède en 1868 et s'y est développé très lentement à l'origine; ses progrès sont devenus rapides à partir de 1880. La formule de travail adoptée est tantôt celle au riblon, tantôt celle au minerai; la fonte est toujours chargée à l'état solide. La coulée se fait généralement en poche.

Les grandes usines sidérurgiques de la Suède doivent disposer de surfaces forestières considérables pour assurer leur alimentation régulière en combustible végétal. Elles les utilisent de façon à en tirer le maximum de rendement économique; à cet effet, elles débitent, dans de puissantes scieries, les bois de dimension convenable et ne livrent à la consommation métallurgique que les bois de faible équarrissage, avec les déchets de toute sorte. Parfois la fabrication de la pâte de bois pour papeteries constitue une branche importante de leur activité.

C'est le cas pour la Société de Stora Kopparberg, la plus ancienne société métallur-

gique de Scandinavie et probablement du monde entier, car son origine remonte au XIIIe siècle, époque à laquelle elle a été fondée pour exploiter la grande mine de cuivre de Fahlun. On ne peut préciser exactement la date de sa fondation, que l'on place approximativement vers 1225. Le plus ancien document existant dans ses archives concerne une acquisition faite par elle en 1288.

Pendant une longue période, la Société se borna à exploiter les mines de Fahlun, qui étaient alors les mines de cuivre les plus importantes du monde entier. En 1689, elle adjoignit à son industrie celle du sciage du bois; en 1735, elle construisit une forge à Svartnäs pour utiliser les minerais de fer de Vintjärn, récemment découverts. Cette première installation sidérurgique fut suivie d'un grand nombre d'autres, de sorte qu'en 1870 la Société se trouvait posséder une vingtaine de petites forges disséminées dans la province de Dalécarlie. C'était une organisation peu avantageuse au point de vue économique; aussi la Société se décida-t-elle, vers cette époque, à concentrer ses diverses fabrications dans une grande usine, installée dans les meilleures conditions possibles. L'emplacement fut choisi à Domnarfvet, près des chutes de Tuna, sur le Dalelf, chutes développant une force motrice de 50,000 chevaux. L'usine fut terminée en 1878; elle est la plus importante du monde au point de vue de la production du fer ou de l'acier au charbon de bois, car elle arrive à livrer annuellement 50,000 tonnes de produits finis de toutes sortes.

La grande difficulté à résoudre, comme toujours en pareil cas, était la concentration d'une quantité suffisante de combustible végétal. Les forêts appartenant à la Société ont une surface totale de 350,000 hectares; elles sont réparties sur le cours du Dalelf et de ses affluents. Ces divers cours d'eau ont été aménagés, sur une longueur totale de 2,700 kilomètres, en vue d'assurer le flottage des bois destinés soit à l'aciérie de Domnarfvet, soit à la scierie de Skutskär, située à l'embouchure du Dalelf, dans le golfe de Bothnie. Cette dernière usine reçoit les bois de bonne qualité et de grandes dimensions; pour la carbonisation, au contraire, on emploie les bois plus petits, tels que cimes d'arbres, branches, etc., ainsi que les troncs gélifs ou cariés. Ces bois sont écorcés et coupés à 3 mètres de longueur avant flottage.

Le flottage a pour effet de faire subir au bois une sorte de lixiviation par diffusion; il diminue la teneur en cendres, qui est comprise ensuite entre 0.20 et 0.25 p. 100, ainsi que la proportion de soufre et de phosphore, qui ne dépasse pas, pour les bois flottés, les chiffres respectifs de 0.003 et 0.06 p. 100.

La carbonisation se fait à Domnarfvet, dans huit grands fours donnant ensemble 150,000 mètres cubes de charbon par an. Cette quantité ne suffisant pas pour l'alimentation des hauts fourneaux, la Société doit acheter tous les ans une quantité de charbon assez importante.

Les fours employés à Domnarfvet pour la carbonisation sont d'un modèle nouveau, imaginé par M. Ljungberg, directeur de l'usine. Ces fours sont composés d'une série de chambres formant un circuit continu, comme les fours du type Hoffmann-Licht pour la cuisson des briques : les gaz sortant d'une chambre où la carbonisation est en pleine

activité passent dans les chambres suivantes et dessèchent progressivement le bois qui s'y trouve empilé. Ces fours donneraient, paraît-il, un rendement supérieur à celui des fours ordinaires sans augmenter les frais, ni diminuer la qualité du charbon obtenu. Les produits liquides de la distillation sont recueillis et traités dans une usine spéciale.

Le minerai est grillé dans six fours Westman. Les hauts fourneaux sont au nombre de cinq et desservis par sept appareils Cowper; leurs laitiers sont granulés et employés à la fabrication de briques.

L'atelier Bessemer comprend cinq convertisseurs; l'atelier Siemens-Martin, quatre fours de 15 tonnes chacun. Le métal obtenu est extrêmement pur; l'acier Bessemer tient 0.016 p. 100 de phosphore avec 0.005 p. 100 de soufre; le fer fondu, dont un lingot très homogène figurait à l'Exposition, présente la composition suivante :

	p. 100.		p. 100.
Carbone	0.050	Phosphore	0.008
Silicium	0.007	Soufre	0.005
Manganèse	0.190		

Les coefficients mécaniques de ce métal sont 34 à 37 kilogrammes de résistance et 33 à 37 p. 100 d'allongement. Il se soude sur lui-même de la manière la plus parfaite, comme le faisaient ressortir des échantillons essayés par pliage à froid, étirage, etc., qui figuraient à l'Exposition.

En dehors des fabrications communes à toutes les usines sidérurgiques, l'usine de Domnarfvet a pour spécialités la production de blooms pour préparation de tubes sans soudure, d'acier-machine pour fils à grande résistance, de boulons, de fer pour clous à cheval et de ces clous eux-mêmes, dont elle peut livrer 250 modèles différents, de tôles pour constructions de dynamos, etc. Elle fabrique des moulages d'acier au four Siemens-Martin, des aciers pour projectiles, pour outils, pour coutellerie, etc.

La Société de Stora-Kopparberg produit encore, dans ses anciennes usines d'Ag et de Korsa, une certaine quantité de fer soudé par le procédé Lancashire. Ce fer est exporté à Sheffield pour la cémentation; il est en barres plates, de 0 m. 075 sur 0 m. 015. L'exposition de la Société présentait, outre de remarquables spécimens de ses diverses fabrications et d'essais destinés à montrer la malléabilité de ses aciers, d'intéressants échantillons de barres mixtes, obtenues par paquetage d'acier dur, à 0.92 p. 100 de carbone, avec de l'acier doux en renfermant 0.07 p. 100 seulement. La soudure du paquet était parfaite, ainsi qu'on pouvait le constater par l'examen d'une cassure polie et légèrement attaquée à l'acide.

La Société de Stora Kopparberg (Stora Kopparbergs Bergslags Actiebolag) a obtenu un grand prix dans la Classe 64.

L'organisation générale de la Société anonyme d'Uddeholm (Uddeholm Aktiebolag), au capital social de 7,350,000 francs, est fort analogue à celle de la Société de Stora Kopparberg. La Société d'Uddeholm possède 175,000 hectares de forêts; elle utilise

sa production forestière dans deux usines à pâte de bois, produisant 5,000 tonnes par an, et dans deux scieries livrant annuellement 45,000 stères de bois débité; enfin elle emploie les déchets de ces fabrications à la métallurgie du fer. Elle exploite des mines de fer à Persberg, Finnmosse, Nordmark, Taberg, Långban, etc. On estime que la valeur actuelle de son actif mobilier et immobilier représente environ 25 millions de francs. Son personnel est de 4,000 ouvriers. Elle a deux usines, Hagfors et Munkfors, renfermant 4 hauts fourneaux, 2 convertisseurs Bessemer, 4 fours Siemens-Martin, 11 forges Lancashire, 2 fours de cémentation, 9 trains de laminoirs et 3 trains universels. Elle fabrique, outre les fers et aciers en barres, les fils de fer et d'acier, les pointes, les tubes sans soudure, les ressorts de toute nature, les fers à cheval, les outils de mine et autres.

Sa production annuelle est de 18,000 tonnes de fonte, de 5,000 tonnes de fer Lancashire, de 5,000 tonnes d'acier Bessemer, de 10,000 tonnes d'acier Siemens-Martin et de 1,000 tonnes d'acier cémenté.

Son exposition présentait, outre des échantillons de barres et de ressorts, de belles cassures de lingots d'acier.

La Société d'Uddeholm a obtenu une médaille d'or dans la Classe 64.

La Société anonyme des mines d'Avesta (Avesta Jernverks Aktiebolag) est une affaire métallurgique d'une importance comparable à celle d'Uddeholm, car sa production annuelle est de 14,000 tonnes de fonte et de 21,000 tonnes de lingots, ceux-ci servant à obtenir 9,000 tonnes de fers et aciers en barres, 6,000 tonnes de tôles et 600 tonnes de moulages en fonte et en acier.

La consistance de son usine est de 2 hauts fourneaux, 2 convertisseurs Bessemer, dont ordinairement un seul fonctionne, 4 fours Siemens-Martin, un gros train, avec blooming, un train moyen, 3 trains à tôles, une fonderie de fonte et d'acier, une clouterie et un atelier mécanique.

Le personnel employé est de 700 ouvriers.

L'exposition de la Société d'Avesta comprenait des fers ayant subi d'une manière remarquable des essais de pliage, des tôles embouties sous la forme de fonds plats, à bords redressés à angle droit, ayant jusqu'à 1 m. 80 de diamètre, des formes coniques pour pains de sucre, etc.

La Société a obtenu une médaille d'or dans la Classe 64.

La Société anonyme de Söderfors (Söderfors Bruks Aktiebolag), fondée en 1872, est une affaire à peu près de la même importance que les deux précédentes, au point de vue métallurgique du moins, car il ne semble pas qu'elle pratique l'élaboration du bois et les industries qui s'y rattachent. Elle possède trois usines, Söderfors, Elfkarlö et Harnäs, situées en Dalécarlie, sur le fleuve Dalelf, près de l'embouchure de ce cours d'eau, où existe un excellent port.

Ces diverses usines sont alimentées par les minerais de Dannemora.

Celle de Söderfors, la plus ancienne, car elle remonte à la fin du XVIIe siècle, comprend 1 haut fourneau avec 2 fours Westman, 9 foyers Lancashire, 2 fours

Siemens-Martin, 2 fours à réchauffer, 1 marteau-pilon, 1 train dégrossisseur, 1 train pour fers gros et moyens, 1 train universel, une fonderie de fer et d'acier et un atelier de fabrication d'ancres et de chaînes. Elle possède une distribution centrale d'électricité utilisant la force motrice hydraulique pour obtenir 1,350 chevaux disponibles.

L'usine d'Elfkarlö renferme 3 foyers Wallons et 3 foyers Lancashire avec 3 marteaux d'étirage, 1 four à réchauffer, un atelier de fabrication de ressorts et un de fabrication de limes.

A Harnäs, port qui sert à l'exportation des produits, la Société exploite 2 hauts fourneaux.

Le personnel comprend 650 ouvriers à Söderfors, 400 à Elfkarlö et 200 à Harnäs.

Sa production de fonte est de 15,000 à 16,000 tonnes; celle de produits finis a été la suivante en 1898 :

	tonnes.		tonnes.
Lingots Siemens-Martin	4,052	Ressorts	850
Billettes	300	Moulages d'acier	433
Massiaux et fer étiré au marteau	2,251	Enclumes et étaux	312
Acier en barres forgées	325	Divers	170
Fer laminé	4,998	TOTAL	14,696
Acier laminé	1,005		

Ces divers produits étaient représentés à l'Exposition par des échantillons intéressants, notamment par des lingots sciés suivant l'axe et présentant un entonnoir de retassure très peu étendu. Les moulages d'acier exposés, tels qu'engrenages et tuyères de hauts fourneaux, étaient d'une exécution remarquable. La coupe longitudinale des tuyères notamment faisait ressortir une grande égalité d'épaisseur et une absence complète de soufflures.

La Société de Söderfors a obtenu une médaille d'or dans la Classe 64.

La Société anonyme de l'usine d'Iggesund (Actiebolaget Iggesunds Bruk) ne produit pas autant de fer ou d'acier que les sociétés précédentes, mais, comme celles de Stora Kopparberg et d'Uddeholm, elle possède une exploitation forestière considérable et produit une grande quantité de bois débités.

Cette Société a été constituée en 1876 par un dédoublement de la Société d'Österby : elle fut alors fondée au capital de 3 millions de couronnes (4,200,000 francs) pour reprendre à l'ancienne société le haut fourneau de Moviken, l'usine principale d'Iggesund, les petites forges au bas foyer de Strömbacka et de Hedvigsfors, enfin les scieries d'Iggesund et de Nianfors, en même temps qu'un certain nombre de participations dans des mines du groupe de Dannemora.

Les gisements de minerai de fer alimentant les usines de la Société d'Iggesund sont tous assez éloignés de ces usines. Cet état de choses remonte à la création de celles-ci, création déjà fort ancienne, car la fondation d'Iggesund remonte à 1670, celle de Strömbacka à 1736 et celle de Hedvigsfors à 1742.

L'usine d'Iggesund avait été primitivement une scierie, établie en 1572, sur la puissante chute de la rivière du même nom, développant 7,000 chevaux environ. Lorsqu'on voulut adjoindre à la scierie une usine à fer, on s'aperçut bien vite que le minerai faisait défaut dans cette région, très riche d'ailleurs en combustible végétal et, dès 1685, l'usine demanda et obtint à Dannemora la concession de la mine Rochet, qu'elle exploite encore aujourd'hui; elle acheta deux ans après la majorité des parts de la mine de Vigelsbo (près Dannemora), majorité qu'elle conserve actuellement.

Les inconvénients du transport du minerai à grande distance n'empêchèrent pas le développement progressif de l'industrie sidérurgique dans la région d'Iggesund, mais ce développement dut se faire suivant la formule imposée par l'emploi du combustible végétal, c'est-à-dire par voie de création d'usines secondaires, disséminées autour de l'usine principale; ce furent celles de Strömbacka, de Hedvigsfors et enfin de Moviken.

Les transports se font en grande partie par voie d'eau; celui du bois, notamment, s'effectue au moyen d'un aménagement spécial de flottage créé de 1870 à 1873 sur la rivière Sväga et sur l'écoulement des lacs Dellen. Les communications avec l'extérieur ont été améliorées, vers la même époque, par la création du port d'Iggesund, dont le mouvement a été de 61,239 tonneaux en 1899.

L'alimentation du combustible est assuré par 158,000 hectares de forêts appartenant à la Société et par 100,000 environ affermés par elle.

Les gros bois sont flottés jusqu'aux scieries de Nianfors et d'Iggesund; les déchets de sciage servent à l'alimentation des gazogènes, en même temps que les bois de petite dimension approvisionnent les ateliers de carbonisation, situés près des hauts fourneaux.

Ceux-ci sont au nombre de trois, un à Moviken, les deux autres à Iggesund; ils ont 15 à 16 mètres de haut, sont soufflés avec du vent presque froid (à 50 degrés centigrades), et produisent une quinzaine de mille tonnes de fonte par an.

La fonte produite est en partie vendue, en partie affinée dans les usines de la Société. L'affinage au bas foyer se pratique encore dans les petites usines de Strömbacka, de Moviken et de Hedvigsfors, où fonctionnent quinze appareils appartenant aux trois types usités en Suède, le foyer Wallon, le foyer Comtois et le foyer du Lancashire.

L'usine d'Iggesund possède, outre 3 bas foyers du Lancashire, 2 convertisseurs Bessemer à revêtement acide, avec lesquels elle obtient un acier de qualité supérieure, pouvant, affirme-t-elle, être considéré comme équivalent aux meilleurs aciers au creuset. Pour l'élaboration du métal, elle dispose de deux marteaux-pilons, pesant 2 et 3 tonnes, d'un blooming à cylindres de 0 m. 685 de diamètre, d'un train à 4 cages, dont les cylindres ont respectivement 0 m. 508; 0 m. 406; 0 m. 356 et 0 m. 254 de diamètre, de quatre petits marteaux-pilons, de deux marteaux hydrauliques, d'un atelier pour la fabrication des outils et des scies, d'une fonderie, etc. L'électricité y est employée, non seulement pour l'éclairage, mais encore pour la transmission d'énergie.

La Société d'Iggesund fabrique annuellement de 9,000 à 10,000 tonnes de fer, d'acier en barres et de produits divers.

Son exposition, disposée sous la forme d'un pavillon triangulaire supporté par des piliers formés de faisceaux de barres d'acier, présentait une série très complète des fabrications spéciales de la Société, telles que tubes, ressorts, scies circulaires, outils à travailler le bois, haches, pics, marteaux, etc. On y voyait en outre des pièces d'essai intéressantes, telles qu'un essieu de chemin de fer plié à bloc sans fissure, et des spécimens de soudure, l'un montrant une barre d'acier à 1.5 p. 100 de carbone parfaitement soudée à une pièce de fer, une autre formée de neuf barres d'acier, à teneurs en carbone variant par dixièmes d'unité depuis 0.5 p. 100 jusqu'à 1.3 p. 100, assemblées par soudure à une de leurs extrémités en un tronc unique.

Cette soudabilité remarquable est utilisée couramment par la Société pour la fabrication d'outils à tranchant en acier dur, soudé sur un corps en fer ou en acier, peu carburé. Elle paraît tenir à la pureté des métaux obtenus à Iggesund, pureté dont on peut se faire une idée par les analyses suivantes :

DÉSIGNATION.	FONTE pour EXPORTATION.	FER DE FOYER WALLON.	FER DE FOYER COMTOIS OU DU LANCASHIRE (provenant de minerai de Dannemora)		ACIER BESSEMER
			marque P. A. T.	marque C. W.	marque I. S. H.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Phosphore.....	0.014–0.019	0.004–0.006	0.006–0.010	0.010–0.012	0.020–0.024
Soufre.....	0.005–0.010	traces–0.005	0.001–0.006	0.001–0.006	traces–0.005
Silicium.....	0.200–0.600	0.020–0.030	0.020–0.030	0.020–0.030	0.025–0.035
Manganèse.....	0.600–0.800	0.080–0.100	0.100–0.120	0.100–0.120	0.200–0.300

L'acier d'Iggesund est classé, suivant sa teneur en carbone, en 6 catégories, dont les teneurs moyennes sont 0.70-0.75; 0.80-0.85; 0.90-0.95; 1-1.10; 1.20-1.30, 1.40-1.50 p. 100.

La Société a obtenu une médaille d'or dans la Classe 64.

La Société anonyme de Fagersta (Fagersta Bruks Aktiebolag), à Vestanfors (Suède), s'est développée surtout dans ces dernières années. Elle est située dans le centre de la Suède, à 168 kilomètres de Stockholm et à 135 kilomètres de Gefle. Les terrains lui appartenant ont une surface de 13,000 hectares; la force motrice dont dispose son usine de Fagersta est de 2,850 chevaux, dont 2,700 d'origine hydraulique et 150 seulement développés au moyen de la vapeur. Le personnel est d'un millier d'ouvriers, la production annuelle, de 12,000 tonnes d'acier brut ou manufacturé.

Cette production est obtenue en fondant au charbon de bois des minerais provenant des mines Stortäg, Granrot, Malmkärr, Gröndal, etc., tous très peu phosphoreux, et en affinant au four Siemens-Martin les fontes ainsi obtenues.

L'affinage s'effectue sous l'action d'une proportion de 12 p. 100 environ de minerai riche, préalablement mélangé avec la fonte au moment où celle-ci sort du haut fourneau. L'usine de Fagersta, sous l'habile direction de M. Brinell, ingénieur en chef de la

Société, est arrivée à produire ainsi, par fusion sur sole acide, des aciers de qualité supérieure et à en régler la composition avec une précision des plus remarquables.

Quatre sections polies de lingots ronds, de 0 m. 170 de diamètre, formant miroirs plans, convexes ou concaves, fournissaient la preuve la plus concluante de l'homogénéité du métal avant toute élaboration mécanique.

D'autre produits bruts, également intéressants, étaient les lingots cylindriques creux, obtenus en coulant, en temps opportun, la zone centrale, encore liquide, d'un lingot en cours de solidification. L'usine de Fagersta obtient couramment de semblables lingots creux et les étire en tubes sans soudure, sans même régulariser préalablement par forage leur cavité centrale.

L'application courante du procédé suppose, d'une part, une grande habileté de la part du personnel, d'autre part, un réglage très précis de la composition du métal, en vue d'éviter la production de soufflures périphériques. Ce résultat a été atteint par M. Brinell, grâce à des recherches méthodiques sur les proportions de silicium, de manganèse et d'aluminium à introduire dans le métal pour éviter la formation de soufflures. Ce n'était pas là la seule étude théorique dont M. Brinell eût fait figurer les résultats dans l'exposition de la Société de Fagersta. Ses recherches sur les effets des divers modes de trempe, sur la corrélation entre le dosage en carbone et les résultats de la trempe, sur la résistance de divers aciers au choc, sur les relations existant entre la dureté de l'acier et ses autres coefficients mécaniques, présentaient un intérêt de premier ordre; elles seront analysées plus loin.

L'usine de Fagersta produit, comme toutes les usines suédoises, de l'acier en barres martelées, laminées à chaud, étirées à froid, etc.; elle a comme spécialité la fabrication des tubes laminés à chaud et étirés à froid, sans soudures.

Cette fabrication a pour point de départ les lingots creux mentionnés plus haut; elle était représentée à l'Exposition par des spécimens très remarquables, atteignant jusqu'à 0 m. 100 de diamètre.

Un de ces tubes, de 50 mètres de long, de 0 m. 0075 de diamètre et de 0 m. 0021 d'épaisseur était enroulé autour des vitrines de la Société.

Dans ces vitrines figuraient des tubes de 0 m. 009 de diamètre extérieur, n'ayant que 0 m. 00008 d'épaisseur, d'autres de 0 m. 001 de diamètre et de 0 m. 0001 d'épaisseur, etc. Les tubes pour chaudières sont fabriqués avec une surépaisseur aux deux extrémités.

L'usine de Fagersta fabrique des canons de fusils par étirage à froid, suivant une méthode qui lui est spéciale; elle les essaie par un procédé particulier consistant à forer la base du canon à un diamètre moindre que celui de l'âme, puis à introduire dans le canon, placé verticalement, une bille sphérique en acier très dur, d'un diamètre compris entre les deux diamètres de forage, à engager dans l'âme un mandrin et à frapper sur ce mandrin avec un mouton de 5 kilogrammes tombant d'une hauteur constante. On apprécie la résistance du canon d'après le nombre de coups nécessaire pour produire la fissuration. D'après M. Brinell, ce nombre serait de beaucoup supérieur, pour les canons fabriqués par le procédé de Fagersta, à celui qui caractérise les canons obte-

nus simplement par forage d'une barre d'acier laminé, bien que les coefficients de rupture et d'allongement soient sensiblement les mêmes dans les deux cas.

L'usine de Fagersta fabrique également des fils et des câbles en acier, soit simples, soit avec âme en chanvre, soit même recouverts de chanvre, quand ils doivent être employés pour des transmissions télédynamiques, des ressorts à boudin et des rondelles Belleville, des scies de toutes formes, des outils pour les mines ou pour le travail des pierres, etc. Son exposition contenait une série très variée de ces divers produits.

La Société de Fagersta a obtenu un grand prix; la même récompense a été attribuée à son éminent ingénieur en chef, M. Brinell, à titre de collaborateur.

La Suède était encore représentée, à l'Exposition, par les mines d'Österby et de Vikmanshyttan (Société de Larsbo-Norn), mais ces deux établissements, consacrés spécialement à la fabrication de l'acier au creuset, n'avaient fourni que fort peu de renseignements sur leurs installations; le second n'avait même donné aucunes indications en dehors de celles qui pouvaient contribuer directement à faire apprécier la valeur de ses aciers à outils. Nous reviendrons plus loin sur cette branche spéciale de l'industrie sidérurgique et nous nous bornerons ici à indiquer que la Société d'Österby possède, outre son atelier de fusion au creuset, un haut fourneau de 15 mètres de haut et de 55 mètres cubes de capacité, ne marchant guère plus de six mois par an, deux foyers Wallons, deux foyers pour réchauffage et quatre marteaux.

La Société d'Österby a obtenu une médaille d'or, celle de Larsbo-Norn une médaille d'argent, dans la Classe 64.

CONDITIONS GÉNÉRALES

DE LA FABRICATION DE LA FONTE.

En commençant le premier des chapitres destinés à l'étude des fabrications particulières se rattachant à la Classe 64, nous tenons à rappeler que ces chapitres ont pour objet non pas de donner un exposé complet de la situation actuelle des diverses branches de la métallurgie, mais bien de résumer les indications techniques fournies par l'Exposition sur cette situation.

L'étude de la fabrication de la fonte comporte celle des procédés divers (calcination, agglomération, etc.) servant à faciliter le traitement au haut fourneau, ainsi que celle des machines soufflantes et autres appareils qui sont des accessoires nécessaires de cet appareil. Elle se subdivise en deux branches principales, suivant que le combustible employé est le charbon de bois ou le coke.

L'utilisation des gaz combustibles dégagés par les hauts fourneaux, en vue de la production de force motrice, est une question du plus haut intérêt, sur laquelle l'attention des métallurgistes a été tout particulièrement appelée depuis quelques années. L'exposition de la Classe 64 ne renfermait à cet égard que des données fort incomplètes; nous fournirons néanmoins quelques indications sur l'état actuel d'une question qui présente pour la sidérurgie un intérêt de premier ordre.

Calcination des minerais. — La calcination des minerais de fer, avant leur traitement au haut fourneau, peut avoir deux buts différents. Parfois, elle a pour objet principal d'éliminer la plus grande partie du soufre contenu dans le minerai et, en même temps, de modifier l'état physique de celui-ci, de manière à le rendre plus susceptible de subir l'action réductrice des gaz. C'est en vue d'obtenir ce double résultat que l'opération est pratiquée en Suède, dans un grand nombre d'établissements sidérurgiques.

L'appareil employé est le four Westman, dont la création remonte à 1850 et qui n'a subi, depuis cette époque, aucune modification notable. La calcination s'y effectue par combustion de gaz de haut fourneau et à température relativement élevée.

Dans bien des cas la calcination a simplement pour objet l'élimination des matières volatiles contenues dans le minerai, notamment celle de l'acide carbonique. Les conditions thermiques de cette opération sont restées longtemps obscures; il semble que ce soit M. Osmond qui les ait élucidées le premier, dans une note rédigée en 1881 pour les usines du Creusot. Dès cette époque, il avait fait ressortir que la calcination du carbonate de fer, opérée à l'abri de l'air et donnant lieu à la formation d'oxyde magnétique, d'une part, d'acide carbonique et d'oxyde de carbone, d'autre part, nécessitait l'intervention d'une source extérieure de chaleur, c'est-à-dire une consommation de combustible assez importante; qu'au contraire, la même opération, conduite de manière à assurer l'intervention de l'air en quantité suffisante et donnant lieu

à la production de sesquioxyde de fer et d'acide carbonique, n'exigeait en théorie l'intervention d'aucune chaleur externe.

Cette théorie de la calcination du carbonate de fer n'avait pas donné immédiatement tous les résultats qu'on aurait pu en attendre; les fours de calcination d'Allevard, pour l'étude desquels elle avait été établie, furent installés en prévision d'une consommation de gaz assez importante qui ne fut pas sensiblement réduite au cours de leur fonctionnement. Les calculs théoriques de M. Osmond ne furent, d'ailleurs, publiés qu'en 1893, à l'occasion du Congrès de la Société de l'industrie minérale tenu dans Saône-et-Loire, à un moment où la Société des mines de Sommorostro, sous l'inspiration de son éminent administrateur, M. S. Jordan, avait déjà commencé à réduire méthodiquement la consommation de combustible dans les fours de calcination. Cette société avait installé, en 1892, au pied de la mine Concha, un four coulant de 9 m. 50 de haut, presque cylindrique, de 4 mètres de diamètre, muni à sa partie inférieure de larges embrasures de déchargement et d'un cône central en fonte percé de nombreuses ouvertures. A l'origine, la consommation avait été de 30 kilogrammes de charbon par tonne de minerai; elle put être abaissée progressivement à 10 kilogrammes en 1893, puis à 5 kilogrammes en 1894 et 1895. C'était la démonstration, en dehors de toute considération théorique, du caractère exothermique de la calcination du carbonate de fer, opérée avec une abondante admission d'air à la partie inférieure du four. Depuis l'année 1895, la consommation a varié entre 5 et 10 kilogrammes de charbon par tonne de minerai, suivant le degré d'humidité de ce minerai.

Cette consommation n'a pu être réduite au-dessous de 12 à 14 kilogrammes pour les minerais menus, en fragments ayant moins de 0 m. 07 de diamètre, bien que l'on ait diminué les dimensions du four spécial (n° 7) destiné au traitement de cette catégorie de minerais. Ce four n'a que 7 m. 60 de haut; sa section est rectangulaire, de 2 m. 85 sur 2 m. 50, avec angles arrondis. Malgré la moindre hauteur de la charge, la circulation de l'air ne s'y effectue pas aussi facilement que dans les grands fours, traitant du minerai en morceaux, et la peroxydation du fer reste parfois incomplète. Cette circonstance, coïncidant avec une proportion plus forte d'humidité retenue par les menus, explique l'élévation relative de la proportion de combustible nécessaire pour leur calcination.

Même avec le minerai en gros morceaux, il convient de ne pas exagérer la hauteur des charges : les fours 5 et 6 de la Société de Sommorostro, construits avec une hauteur de 11 mètres et le même diamètre que le four n° 1, ont donné des difficultés de conduite plus grandes sans que leur production fût plus forte. Aussi est-on revenu, pour la construction du four n° 8, aux proportions du four n° 1.

Agglomération des minerais. — Les minerais très menus donnent souvent lieu à des dérangements d'allure lorsqu'on veut en passer de fortes proportions dans les charges d'un haut fourneau. La résistance au passage du vent devient considérable et il est souvent difficile d'assurer la régularité de sa circulation, même avec des machines

soufflantes pouvant débiter le vent sous une pression considérable. Aussi a-t-on fréquemment recours à l'agglomération préalable pour régulariser la marche du haut fourneau.

La méthode la plus usitée à cet effet consiste à ajouter au minerai une faible proportion (5 p. 100 environ) de chaux hydraulique, à comprimer énergiquement la masse convenablement humectée et à laisser ensuite sécher les briquettes pendant un temps suffisant pour permettre à la chaux hydraulique de faire prise.

L'agglomération se fait le plus souvent sous la forme de cylindres de 0 m. 10 environ de diamètre, au moyen d'une presse à double compression. La forme ovoïde serait plus rationnelle à certains égards, mais il semble que les machines servant à obtenir les agglomérés de cette forme n'aient pas donné toute satisfaction au point de vue de leur régularité de marche. On peut citer le Creusot parmi les usines qui pratiquent depuis longtemps, avec succès, l'agglomération des minerais menus par le procédé ci-dessus.

Un autre procédé a été appliqué à l'usine de Trignac (Loire-Inférieure) pour l'agglomération des 15,000 à 18,000 tonnes de pyrites grillées consommées annuellement par les hauts fourneaux.

On fait d'abord subir à la pyrite grillée un lavage, puis on la laisse se déposer dans de grands bassins : une fois le dépôt effectué, on décante la couche d'eau supérieure, on laisse la masse pâteuse se rasseoir un peu et on la découpe en briquettes. On sèche celles-ci à l'air, puis on les cuit dans un four, comme des briques réfractaires : dans chaque four on fait, par mois, deux cuissons donnant chacune de 130 à 150 tonnes. On obtient ainsi, à peu de frais, un minerai suffisamment solide et sensiblement exempt de soufre, ce corps ayant été éliminé soit par dissolution, soit par oxydation, au cours de la cuisson finale. Les variations de composition que subit la pyrite grillée, par l'effet du traitement, ressortent des chiffres ci-dessous :

	PYRITE GRILLÉE BRUTE.	BRIQUETTES OBTENUES.
	p. 100.	p. 100.
Fer	60–62	64–66
Soufre	1.5–2.5	0.03–0.05

L'opération est faite par une société spéciale, la Société anonyme d'agglomérations de minerais, qui a établi une usine à Saint-Nazaire, près du port, et livre à la Société de Trignac les pyrites purifiées et agglomérées.

Construction des hauts fourneaux. — La tendance à dégager de plus en plus non seulement la partie inférieure des hauts fourneaux, mais même la cuve de ces appareils, a continué à s'accentuer dans ces dernières années.

Les revêtements extérieurs en maçonnerie de briques ordinaires disparaissent progressivement : on en trouvait cependant, dans l'exposition de l'usine de Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle), un exemple présentant des particularités intéressantes. L'emploi d'un revêtement extérieur en maçonnerie n'a plus ici pour objet principal d'empêcher les

IMPRIMERIE NATIONALE.

déperditions de chaleur, car il existe entre les deux parois un intervalle de 0 m. 75 environ, où le renouvellement de l'air est assuré par de nombreuses fenêtres. L'enveloppe extérieure, en briques rouges, sert principalement de support à la plate-forme du gueulard; au point de vue thermique, elle atténue un peu le refroidissement exercé par les vents dominants sur une zone déterminée de la paroi réfractaire.

Dans la plupart des fourneaux de construction récente, la plate-forme de gueulard est supportée par des pylônes métalliques, en treillis, tantôt appuyés sur les colonnes ou cadres en fonte qui supportent la chemise réfractaire, tantôt indépendants. Ils sont ordinairement au nombre de 8 dans le premier système, de 4 seulement dans le deuxième. Celui-ci présente l'avantage de permettre l'installation, entre les pylônes, de planchers métalliques facilitant la surveillance du revêtement réfractaire et, à l'occasion, l'exécution des réparations.

La maison « Les fils de Christophe Munier », à Frouard, exposait les dessins de nombreux hauts fourneaux caractérisés par la prédominance de la construction métallique et montés par elle au cours de ces dernières années, notamment à Micheville, Rehon, Homécourt, Pauillac, etc. Elle a obtenu une médaille d'or pour l'ensemble de ses travaux, sur lesquels nous aurons à revenir à plusieurs occasions.

Les dispositions adoptées pour le revêtement des parois de l'ouvrage et du creuset sont très variées; elles comportent généralement l'emploi d'une armature métallique à peu près continue et d'une réfrigération très active par aspersion ou par circulation d'eau. L'Exposition ne fournissait, à cet égard, aucun renseignement particulièrement intéressant; elle faisait ressortir seulement qu'une surélévation importante de la sole du creuset par rapport au niveau général de l'usine est devenue de pratique courante. Cette surélévation est, en général, d'au moins 4 mètres; elle permet de couler facilement la fonte en poches, soit pour l'alimentation d'une aciérie, soit pour la coulée des gueuses à la machine, opération sur laquelle aucune usine n'avait d'ailleurs fourni d'indications spéciales.

L'enlèvement des scories se fait tantôt en gros blocs solidifiés, tantôt en poches, à l'état liquide, tantôt enfin à l'état grenaillé. Ce dernier procédé exige une consommation d'eau importante, mais il permet soit d'utiliser le laitier pour la fabrication du ciment ou des briques, soit de l'enlever au moyen de transporteurs aériens, préférables aux voies ferrées dans un certain nombre de cas.

On pouvait voir à l'Exposition des modèles de tuyères fabriqués dans des conditions très diverses. Celles de la maison « Les fils de Ch. Munier », de Frouard, étaient en cuivre électrolytique embouti à la presse, avec soudure placée à 0 m. 30 environ en arrière de l'extrémité. Celles de l'usine de Söderfors (Suède), de petites dimensions, il est vrai, étaient en acier moulé; leur épaisseur était d'une régularité remarquable.

Dispositions de chargement et fermetures de gueulard. — La plupart des usines à fonte qui figuraient à l'Exposition appliquent encore l'ancien système de chargement, consistant à élever mécaniquement, au niveau du gueulard, des brouettes ou des wagon-

nets remplis de coke ou de lit de fusion et à déverser leur contenu dans le gueulard. Celui-ci est parfois muni simplement d'une trémie ou d'un tube central de prise de gaz; le plus souvent il est tenu fermé, entre deux manœuvres de chargement, par un appareil disposé de manière à assurer une bonne répartition de la charge à l'intérieur de la cuve.

Ce système présente deux inconvénients principaux : il exige une dépense assez importante de main-d'œuvre et donne lieu à des pertes de gaz au moment de l'introduction des charges dans le fourneau. En compensation, il a l'avantage de n'exiger que l'installation d'un seul monte-charges pour deux hauts fourneaux, tout en assurant très suffisamment la régularité du chargement, surtout si les hauts fourneaux sont groupés en nombre assez important pour que les divers monte-charges puissent se suppléer les uns les autres en cas d'accident.

La partie la plus compliquée des manutentions qu'exige l'alimentation des hauts fourneaux est celle consistant à reprendre les combustibles ou les minerais mis en stock, à les charger en wagonnets, et à les amener au pied du monte-charges. Autrefois, le chargement des wagonnets s'effectuait à la pelle et exigeait une dépense de main-d'œuvre assez notable. Aujourd'hui, dans les usines européennes d'installation récente, les minerais sont mis en stock dans des accumulateurs construits tantôt en tôle, tantôt en maçonnerie et munis, à leur partie inférieure, de trappes roulantes ou de couloirs à inclinaison variable, permettant le chargement direct des wagonnets.

Dans certains cas, à Homécourt par exemple, ces réservoirs ont un fond incliné vers une fosse longitudinale où circule le récipient destiné à assurer l'alimentation du haut fourneau. D'autres fois, le fond des accumulateurs est en forme de trémie symétrique ou simplement constitué par un plan horizontal.

Aux États-Unis, le système qui semble prédominer actuellement consiste à mettre le minerai en tas, dans une grande fosse de 8 à 10 mètres de profondeur, au moyen d'un pont roulant de très grande portée, puis à le reprendre avec une sorte de drague portée par le même appareil et à le déverser dans un réservoir de dimensions modérées, d'où on le fait tomber dans le récipient servant à effectuer le chargement du haut fourneau. L'installation de Duquesne (Pensylvanie), qui sera décrite plus loin, a été établie sur ce principe.

En Europe, pour obtenir un résultat équivalent, on a eu recours à d'autres moyens. Au Creusot, par exemple, on se sert, comme à Duquesne, d'un réservoir intermédiaire, alimenté par les stocks principaux de minerai et alimentant lui-même le récipient qui va transporter ce minerai au gueulard; mais on a conservé les accumulateurs existant antérieurement et comportant l'évacuation du minerai par trappes roulantes. Le transport de ce minerai aux réservoirs intermédiaires est effectué au moyen d'un wagon-bascule que l'on place sous les trappes roulantes, pour y introduire les divers éléments de la charge, et qu'on amène ensuite au-dessus des réservoirs intermédiaires pour laisser tomber dans ceux-ci le lit de fusion tout constitué. Ces réservoirs, au nombre de 6, sont munis de vannes que l'on soulève pour laisser descendre les charges dans une benne spéciale destinée à les transporter au gueulard des divers hauts fourneaux.

La manutention du coke s'effectue d'une manière analogue, sauf que ce combustible est amené des fours par un transporteur continu et déversé directement, par une grille et un couloir incliné, dans la benne de chargement.

Les procédés employés pour la manutention des matières au niveau du sol d'usine présentent, d'ailleurs, une certaine corrélation, en général, avec les dispositions de la fermeture de gueulard et le mode d'alimentation du fourneau.

Envisagé simplement au point de vue des pertes de gaz, le choix d'une fermeture de gueulard est loin d'être indifférent. D'après les évaluations les plus modérées, les fermetures usitées jusqu'à ces derniers temps laissaient perdre 5 p. 100 au moins du volume total du gaz produit par le fourneau, quelque soin que l'on prît d'effectuer rapidement les manœuvres d'ouverture et de fermeture. Une perte de cette importance n'est pas négligeable en elle-même; ses inconvénients se trouvent notablement aggravés lorsqu'on utilise les gaz du gueulard pour la production de force motrice. On a cherché à l'éviter en superposant à l'appareil de chargement un deuxième système de fermeture, qui empêcherait les fuites au moment de la manœuvre du cône ou de l'organe équivalent. Cette disposition a été rarement appliquée avec le chargement au wagonnet, car elle complique très sensiblement les manœuvres; les combinaisons qui réalisent simultanément la double fermeture et le chargement automatique présentent, au contraire, un intérêt considérable, car elles permettent à la fois de supprimer complètement le personnel du gueulard et de réduire à très peu de chose les pertes de gaz. La solution la plus simple, en principe, consiste à superposer deux fermetures de dimensions inégales : la plus grande, appliquée sur l'orifice même du gueulard, joue le rôle des appareils ordinaires de chargement et ne s'abaisse qu'après avoir reçu un certain nombre de charges partielles; la seconde, placée à une certaine hauteur au-dessus de la première, introduit ces charges partielles une à une, en les distribuant aussi uniformément que possible. La trémie supérieure est reliée à la trémie inférieure par une paroi métallique continue limitant une capacité qui forme sas et permet d'effectuer l'introduction des charges sans qu'il y ait jamais communication directe entre la cuve du haut fourneau et l'air extérieur.

Le mode d'application le plus simple de ce principe consiste à faire usage de deux fermetures Parry et à déverser les matières dans la trémie la plus élevée au moyen d'une benne circulant sur un plan incliné. Les mouvements de cette benne sont commandés par un treuil, placé en arrière à une certaine hauteur au-dessus du sol, et par un câble passant sur une poulie, au-dessus de la fermeture supérieure. Le déversement de son contenu dans la trémie peut être obtenu au moyen de combinaisons diverses, parmi lesquelles on peut citer notamment la circulation des quatre roues de la benne sur deux voies distinctes et l'inflexion dans une direction sensiblement horizontale de celle de ces voies qui correspond aux roues d'avant. Avec cette disposition et un choix convenable du point d'attache de l'étrier articulé qui relie la benne au câble, on arrive facilement à obtenir automatiquement le déversement du contenu de la benne à l'extrémité de sa course et sa descente en position normale, une fois ce déversement

opéré. Il suffit alors de mettre sous la main du machiniste conduisant le treuil les organes de distribution des cylindres à air comprimé qui commandent les manœuvres des cônes supérieur et inférieur pour lui permettre d'effectuer toutes les manœuvres de chargement, sans que la présence d'un seul ouvrier au gueulard soit nécessaire.

Cette disposition a été adoptée dans quelques usines des États-Unis et du continent européen; les dessins figurant à l'Exposition la représentaient appliquée au haut fourneau de la Société de Nicopol-Marioupol en combinaison avec le déversement direct de la benne dans l'entonnoir. Aux hauts fourneaux de Duquesne, les charges sont placées dans des bennes cylindro-coniques, dont le fond est fermé par un cône, suspendu lui-même par une tige verticale. C'est au moyen de cette tige qu'on élève les bennes au gueulard, en les faisant guider par un cadre roulant sur un plan incliné. Au point culminant de son ascension, la benne vient se poser par sa base sur le pourtour de la trémie supérieure; l'abaissement du cône de cette trémie permet celui du cône de la benne et par suite l'introduction de la charge dans le sas.

Quelle que soit la variante employée, la superposition de deux fermetures de gueulard, du type Parry, par exemple, implique pour les charges une chute assez considérable qui brise beaucoup le combustible. Pour atténuer cet inconvénient, la Brown hoisting and conveying Company, de Cleveland (États-Unis), a imaginé une disposition différente qui consiste à substituer au *cup and cone* supérieur un entonnoir centré à sa partie supérieure sur l'axe du fourneau, mais se terminant à sa partie inférieure par un tube excentré dont l'orifice se trouve au-dessus du joint de fermeture, c'est-à-dire de la partie la plus profonde de la trémie de chargement. Cet orifice, formé par une section du tube légèrement inclinée sur la verticale, est tenu normalement fermé par une valve articulée sur son bord supérieur. Pour assurer la répartition uniforme des charges, l'entonnoir est monté sur une couronne de billes placées à la partie supérieure du sas; il porte en outre une couronne dentée engrenant, par encliquetage, avec un pignon conduit par la poulie de l'appareil élévatoire, et tourne par suite d'un certain angle à chaque manœuvre de la benne.

En 1900, cet appareil était en cours d'installation à Jarville (Meurthe-et-Moselle); une variante, obtenue en substituant, pour la fermeture du gueulard, l'appareil Langen à l'appareil Parry, était figurée dans les plans du haut fourneau exposés par la Société d'Ougrée.

Les divers systèmes de chargement automatique qui viennent d'être indiqués ont tous un trait commun : l'emploi d'un plan incliné, desservi par un treuil de manœuvres placé à un niveau bien inférieur à celui du gueulard et manœuvré par un machiniste qui ne peut se rendre compte par lui-même du bon fonctionnement des divers éléments de l'appareil. Pour éviter cet inconvénient, l'usine du Creusot a combiné un système nouveau, empruntant à celui de Duquesne sa benne fermée par un cône suspendu à une tige verticale, mais en différant en ce qu'il permet de desservir plusieurs hauts fourneaux au moyen d'un treuil unique placé au niveau de la plate-forme de gueulard ou un peu au-dessus. Moyennant une série de dispositions de détail qui seront indiquées plus loin, la benne reçoit un chargement de coke ou de lit de fusion au niveau du sol d'usine, puis est relevée à un niveau un peu supérieur à celui des

fermetures de gueulard, transportée horizontalement par roulement sur un câble porteur tendu dans le plan vertical passant par les axes des hauts fourneaux, enfin abaissée sur le gueulard de l'un de ces appareils, le tout par l'intervention d'un seul machiniste.

A l'occasion des fermetures de gueulard, nous devons signaler une combinaison qui a été proposée par MM. Thwaite et Gardner, pour éviter l'introduction, dans le collecteur général, de l'air qui aurait pu être aspiré au moment de l'ouverture du gueulard pour l'introduction des charges. Ce système consiste à faire aboutir la prise de gaz à angle droit sur un tuyau vertical en tôle, entre les sièges de deux soupapes s'ouvrant en sens inverse et calées sur une même tige, mise elle-même en connexion avec l'appareil servant à manœuvrer la fermeture de gueulard. Lorsque celle-ci est ouverte, la soupape inférieure est dans la position de fermeture et arrête la circulation des gaz dans la direction des appareils d'épuration et de consommation; la soupape supérieure, au contraire, est ouverte et laisse échapper les gaz dans l'atmosphère.

Cette disposition était représentée par un modèle dans l'exposition de M. Thwaite; ingénieuse en principe, elle n'aurait guère pu être appliquée effectivement dans les conditions où elle était présentée.

Épuration des gaz de haut fourneau. — Les gaz sortant du gueulard du haut fourneau contiennent une quantité de poussières qui peut atteindre 13 à 14 grammes par mètre cube. Ces poussières sont de composition très variable suivant la nature des charges; lorsque le fourneau produit des fontes manganésifères, elles renferment une proportion importante de manganèse; dans les usines de la région lorraine, elles sont surtout siliceuses.

Les inconvénients résultant de la présence des poussières dans les gaz étaient connus depuis longtemps. Pour les chaudières chauffées au moyen de ces gaz, ce sont la diminution de puissance de vaporisation par suite de l'adhérence des poussières aux parois métalliques constituant la surface de chauffe et la réduction du tirage par obstruction des carneaux; pour les appareils de chauffage du vent, ce sont tantôt le deuxième inconvénient signalé ci-dessus, tantôt la fusion partielle des empilages, quand les poussières sont basiques. On peut atténuer ces divers inconvénients en faisant déposer une partie des poussières dans des tuyaux en tôle de forte section et d'un développement longitudinal assez considérable, auxquels on fait subir de fréquents nettoyages.

L'utilisation des gaz des hauts fourneaux pour la production directe de la force motrice est venue modifier la situation en imposant une épuration des gaz beaucoup plus complète que celle dont on se contentait auparavant.

Introduites dans les cylindres des machines à gaz, les fines poussières siliceuses provoquaient une usure intense et nécessitaient un graissage extrêmement coûteux. M. Thwaite, promoteur initial du grand mouvement qui s'est manifesté dans ces dernières années dans le sens de l'utilisation des gaz de hauts fourneaux pour la production de la force motrice, avait senti immédiatement l'impossibilité d'obtenir des résultats réguliers et pratiques avec des gaz chargés de poussières. Dans un brevet, pris

avec M. Gardner, le 23 octobre 1896, il avait décrit une série de combinaisons ayant pour objet d'assurer l'épuration des gaz, combinaisons dont la nouveauté est assez discutable.

De même que la plupart des inventeurs qui se sont occupés de la question, M. Thwaite semble avoir oublié que le même problème s'était posé depuis longtemps dans la métallurgie des métaux autres que le fer et que, pour le résoudre, on avait expérimenté les combinaisons les plus variées.

Dans son système, la précipitation est effectuée d'abord à sec, en faisant déposer les poussières les plus grossières dans un système de conduites de fort diamètre, suivant l'ancienne formule, puis en filtrant les gaz à travers des tamis, soumis à des secousses fréquentes en vue d'empêcher leur obstruction. Un ventilateur aspire ensuite la masse gazeuse et la refoule à travers une série d'appareils destinés à provoquer la précipitation des poussières fines par l'action de l'eau. Dans certains de ces appareils, les gaz doivent traverser à plusieurs reprises une couche d'eau, en passant au-dessous d'un certain nombre de cloisons; dans d'autres (*scrubbers*), l'eau agit à l'état divisé en traversant une série de couches de coke ou de fibre de bois posées sur des diaphragmes en tôle perforée, superposés à l'intérieur d'un tube vertical où les gaz circulent dans le sens ascendant. Enfin l'épuration se termine par une filtration à sec à travers une couche de fibre de bois serrée entre deux tôles perforées, formant deux cylindres concentriques.

Ces diverses combinaisons ne sont pas absolument nouvelles. La filtration à travers une toile sert depuis longtemps, dans la fabrication du blanc de zinc, à recueillir les parties les plus fines de ce produit. L'inefficacité du passage des gaz, en grosses bulles, au-dessous d'une cloison immergée dans l'eau, a été constatée catégoriquement dans la métallurgie du mercure, pour ne parler que de celle-là. Enfin les *scrubbers* sont d'usage courant dans un grand nombre d'industries chimiques. Néanmoins, à raison des services considérables rendus par M. Thwaite à la propagation de l'utilisation des gaz de haut fourneau pour la production de la force motrice, le Jury de la Classe 64 lui a décerné une médaille d'argent.

Il faut reconnaître que les autres inventeurs qui se sont occupés de la question de l'épuration des gaz n'ont pas beaucoup mieux réussi à découvrir des combinaisons à la fois efficaces et nouvelles. Les appareils les plus originaux figurant à l'Exposition étaient les épurateurs à paille de fer imaginés par M. Cavallier et installés par lui à l'usine de Pont-à-Mousson; ils ont été construits par les fils de Ch. Munier, qui en exposaient les dessins. Ils constituent une variante de l'épuration par filtration qui peut présenter un réel intérêt dans certains cas.

L'injection d'eau à l'intérieur d'un ventilateur centrifuge traversé par le courant gazeux était pratiquée, avant 1850, à l'usine de Pontgibaud, pour la condensation des fumées plombeuses; elle a été décrite par Rivot, avec figures à l'appui, dans sa description de cette usine (*Annales des Mines*, 4e série, t. XVIII, p. 423). Elle a été utilisée récemment, sous une forme un peu différente, par M. Theisen pour la construction d'un épurateur formé d'un tambour à palettes plates et radiales, relativement courtes, tournant

avec une vitesse tangentielle de 40 mètres par seconde à la périphérie, à l'intérieur d'une enveloppe sur laquelle est appliquée une toile métallique. L'eau est introduite dans l'appareil par deux gouttières percées de trous et placées au niveau de l'axe. L'épuration obtenue aurait été satisfaisante, dit-on, mais l'appareil se serait faussé et détruit très rapidement.

Il était plus simple de revenir purement et simplement au ventilateur à injection d'eau, sans complications secondaires. C'est ce qu'on a fait à Differdange, avec succès, paraît-il; on aurait, en effet, avec un débit de 155 litres d'eau par mètre cube de gaz, réduit de 2 gr. 5 à 0 gr. 23 le poids de poussières au mètre cube. Il reste à savoir combien de temps résistera le ventilateur. A Pontgibaud et dans diverses autres usines à plomb, les appareils analogues, construits en tôle, ont été détruits rapidement par l'action simultanée de l'eau, de l'oxygène et de l'acide sulfureux; ces deux derniers corps ne se rencontrent pas en quantités appréciables dans les gaz de hauts fourneaux, mais on peut craindre une usure mécanique, qui a été très rapide avec des gaz de même origine non débarrassés au préalable des poussières les plus grossières par circulation à travers des épurateurs à sec. La question ne pourra être résolue que par une pratique d'une certaine durée.

Machines soufflantes. — La machine soufflante est l'élément fondamental de l'installation d'un haut fourneau. La production de celui-ci est à peu près proportionnelle au volume d'air insufflé et sa régularité d'allure dépend en grande partie de la pression du vent.

La préoccupation d'augmenter la production journalière de fonte, préoccupation si accentuée dans ces dernières années, a provoqué un développement rapide de la puissance des machines soufflantes. En 1889, la machine exposée par la Société Cockerill était calculée en vue de débiter, sous la pression de 0 m. 25 de mercure, un volume de 450 mètres cubes d'air pris à la pression atmosphérique, en marchant à une vitesse de quinze tours par minute. C'était une machine puissante pour l'époque. Aujourd'hui un débit de 800 à 1,000 mètres cubes par minute, sous une pression de 45 à 60 centimètres de mercure, n'a rien d'exceptionnel. Certaines machines débitent jusqu'à 1,600 mètres cubes par minute sous une pression de 80 centimètres de mercure. Pour obtenir de pareils résultats, la vitesse normale de rotation a été portée à 30 tours par minute, avec possibilité de doubler ce chiffre lorsque les conditions de marche du fourneau l'exigent.

Les machines sont tantôt horizontales, tantôt verticales; cette dernière disposition semble avoir une certaine tendance à prédominer actuellement. La détente de la vapeur dans un cylindre unique ou dans deux cylindres juxtaposés à fonctionnement synchrone (type Woolf) n'est plus guère en usage; on préfère généralement la disposition compound à cause de la facilité qu'elle donne pour l'emploi de la vapeur à haute pression, tout en permettant de réduire le moment des volants servant à régulariser l'allure de la machine.

La seule machine soufflante à vapeur qui figurât à l'Exposition était du type compound horizontal. C'était celle exposée par la Société anonyme des ateliers de construction de la Meuse, à Liège.

Les dimensions principales de cette machine étaient les suivantes :

Diamètre	des deux cylindres à vent	2m150
	du cylindre à vapeur à basse pression	1 600
	du cylindre à vapeur à haute pression	1 000
Course commune des pistons		1 50
Pression effective de la vapeur sur le piston à haute pression		4 à 9 atmosphères.
Nombre de tours par minute		20 à 47
Volume engendré par tour		21 m³ 5
Pression maxima du vent (en centimètres de mercure)		76
Poids total de la machine		155 tonnes.

La distribution de la vapeur est effectuée au moyen de soupapes à double siège, commandées par un jeu de fers ingénieusement disposé. Les cylindres moteurs et leurs couvercles sont tous munis d'enveloppes de vapeur.

La régularisation du mouvement est obtenue au moyen d'un volant de 7 mètres de diamètre, pesant 24 tonnes et placé au milieu d'un arbre commandé par les deux mécanismes moteurs.

Les pistons des cylindres à vent sont en tôle; ils sont supportés par des tiges creuses guidées à l'arrière. Ces dispositions permettent d'atténuer beaucoup la tendance à l'ovalisation, défaut caractéristique des machines soufflantes horizontales de grande puissance. Les clapets d'aspiration et de refoulement sont de petites soupapes métalliques de faible épaisseur, logées, pour l'aspiration, dans les fonds de cylindres et, pour le refoulement, dans des boîtes spéciales disposées en vue de diminuer l'espace mort. A cet effet, on a installé à l'intérieur de ces boîtes cylindriques une sorte de manchon en forme de paraboloïde de révolution dont le profil est calculé de manière à réduire progressivement la section affectée au passage du vent, à mesure que le débit de celui-ci diminue, d'une extrémité à l'autre de la boîte, par suite de la réduction du nombre de soupapes à alimenter.

Des expériences faites par M. Ludwig, ingénieur de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur, le 11 octobre 1899, sur une machine de même type, mais munie de cylindres soufflants de 2 m. 235 de diamètre, au lieu de 2 m. 150, installée à Maizières-lez-Metz, ont donné un rapport de 93.8 p. 100 entre les travaux indiqués par diagrammes sur les pistons à vent d'une part et sur les pistons à vapeur de l'autre, la pression de la vapeur étant de 8 kilogr. 6 et celle du vent étant de 18 à 23 centimètres de mercure aux machines. Ce coefficient s'est élevé à 94.3 p. 100 quand la pression du vent a été élevée à 30 centimètres de mercure.

La Société des ateliers de construction de la Meuse construit également des souffleries verticales; néanmoins le type horizontal paraît avoir ses préférences.

Elle se trouvait hors concours par suite de la présence de son directeur-gérant dans le Jury de la Classe 19.

La Société alsacienne de constructions mécaniques de Belfort a adopté systématiquement le type vertical pour ses souffleries; dans ces cinq dernières années elle a construit une quarantaine de machines de ce type. Elle n'en avait pas fait figurer d'exemplaire à l'Exposition, où elle n'était représentée que par des dessins.

Il convient cependant de donner quelques indications sur les dispositions des machines de la Société alsacienne, car ces machines paraissent avoir donné toute satisfaction aux diverses usines qui en ont fait usage.

Chaque cylindre de la machine compound est surmonté d'un cylindre à vent : l'ensemble des deux cylindres superposés repose sur un bâti à glissières alésées, assis lui-même sur des socles en fonte à grande surface de portée. Les deux paliers moteurs sont venus de fonte avec les socles et sont munis de coussinets en acier garni d'alliage antifriction : ils peuvent être refroidis par circulation d'eau, si on juge cette précaution nécessaire.

L'arbre moteur, de 0 m. 33 de diamètre aux tourillons, est foré sur toute sa longueur d'un trou de 0 m. 10 de diamètre. Il pèse, avec ses manivelles, 13,500 kilogrammes environ.

Le volant, de 6 mètres de diamètre et pesant 36 tonnes, est calé au milieu de l'arbre moteur.

Les cylindres à vapeur sont munis d'une distribution système Corliss; les admissions sont réglées par un mécanisme à déclic, conduit par le régulateur et agissant simultanément sur la distribution des deux cylindres. Les obturateurs d'échappement sont commandés par un excentrique spécial.

Pour la mise en train on peut, au moyen d'une soupape spéciale, introduire directement de la vapeur dans le grand cylindre.

Le régulateur est commandé par chaîne depuis l'arbre moteur; sa vitesse de régime peut varier entre 25 et 50 tours.

Les cylindres moteurs sont à enveloppe complète de vapeur.

Les pistons des deux cylindres sont en acier moulé avec segments en fonte; les presse-étoupes sont à garniture métallique, à serrage automatique.

Pour réduire les espaces nuisibles dans les cylindres soufflants, la Société alsacienne a fait breveter une disposition originale consistant à superposer cinq disques en tôle d'acier enfilés sur une broche commune et appuyés par des ressorts à boudin sur cinq sièges distincts. Ces groupes verticaux de cinq clapets sont réunis ordinairement par quatre dans une seule boîte en fonte; on place un certain nombre de boîtes semblables autour de chaque base de cylindre. On arrive ainsi à réduire beaucoup les espaces nuisibles, tout en donnant aux orifices d'aspiration et de refoulement une section totale largement suffisante.

Le rapport de cette section à la surface du piston est de 1/7.5 pour l'aspiration et de 1/12.5 pour le refoulement.

Les vitesses du vent seraient par suite (en mètres par seconde) :

VITESSE DE LA MACHINE.	ASPIRATION.	REFOULEMENT.
25 tours par minute	$9^{m}5$	$15^{m}5$
35	14 0	22 0
50	19 0	31 0

Les dimensions des machines de la Société alsacienne sont ordinairement les suivantes :

		1er TYPE.	2e TYPE.
Diamètre du cylindre..	à haute pression	1m200	1m000
	à basse pression	1 870	1 600
	à vent	2 000	2 200
Course des pistons		1 500	1 500
Nombre de tours par minute		25–50	25–50
Volume maximum de vent débité (à 45-50 tours)		800mc–1,000mc	1,000mc–1,140mc
Pression maxima du vent		1 atmosph.	0,7 atmosph.

Un essai fait pendant une période de huit heures consécutives sur une machine du deuxième type installée à Bochum, fonctionnant sous des pressions de 8 kilogr. 25 à 9 kilogrammes pour la vapeur, de 0 m. 40 à 0 m. 42 de mercure pour le vent, c'est-à-dire développant les deux tiers de son travail normal, a fait ressortir une consommation de vapeur de 6 kilogr. 14 de vapeur par cheval-heure indiqué.

Le Jury de la Classe 64, à raison du peu d'importance de l'exposition présentée, s'est borné à décerner une médaille d'or à la Société alsacienne de constructions mécaniques, dont l'exposition principale se trouvait dans la Classe 19.

Les établissements du Creusot ont construit pour leur propre usage et livré à un certain nombre d'autres usines un type de machine soufflante à marche rapide. Ce type est horizontal pour les machines de hauts fourneaux, vertical pour les souffleries Bessemer. Les cylindres à vapeur sont à distribution Corliss modifiée; les cylindres à vent sont munis de soupapes légères Corliss, appliquées sur les fonds. La vitesse de l'air au passage de ces soupapes ne doit pas dépasser 20 mètres par seconde en marche normale. Cette marche correspond généralement à 40 tours pour les souffleries de hauts fourneaux, à 50 ou 60 tours pour les souffleries d'aciéries.

A l'usine même du Creusot, où cinq hauts fourneaux sont soufflés par six machines qui refoulent l'air dans un collecteur commun, on a adapté aux machines un double régulateur de vitesse et de pression. Cette disposition est intéressante, mais on peut se demander si elle présente un intérêt bien réel au point de vue pratique et s'il n'est pas préférable de s'en tenir au réglage à vitesse constante et à pression variable, usité généralement aux États-Unis.

Nous devons enfin signaler, dans l'exposition de M. Thwaite, un projet de distribution par tiroirs cylindriques pour le cylindre à vent d'une machine soufflante. Les indications fournies n'étaient pas suffisantes pour permettre d'apprécier si les dispositions proposées justifieraient un retour à la distribution par tiroirs, abandonnée par tous les constructeurs.

Souffleries actionnées par le gaz des hauts fourneaux. — L'exposition de la Classe 64 ne laissait guère soupçonner l'importance des études entreprises dans ces dernières années, non seulement pour tirer directement parti des gaz du gueulard,

en vue de la production de force motrice, d'une manière générale, mais encore en vue d'utiliser, pour le soufflage du haut fourneau lui-même, la force motrice ainsi développée. Il fallait se transporter dans l'exposition de la Classe 20 pour y trouver une machine destinée à fournir la solution du problème, celle du type Delamare-Debouteville, construite par les usines Cockerill. Nous ne pouvons cependant nous dispenser de donner ici quelques indications générales sur une question qui intéresse si vivement l'industrie métallurgique.

La solution du problème de l'utilisation des gaz du gueulard présente déjà des difficultés assez sérieuses quand on l'envisage au point de vue le plus général, celui de la production d'énergie mécanique destinée à être employée ensuite d'une manière quelconque, sous forme électrique par exemple, pour assurer l'éclairage et les manutentions diverses à effectuer dans l'usine.

Ces difficultés sont plus grandes encore quand on veut actionner une machine soufflante au moyen des gaz fournis par le fourneau lui-même. La régularité absolue de marche étant une condition absolue en pareil cas, il faut pouvoir, en cas de dérangement d'allure, alimenter le moteur avec des gaz autres que ceux produits par le fourneau lui-même, c'est-à-dire fournis par d'autres hauts fourneaux ou par des gazogènes indépendants. De plus, les causes accidentelles d'arrêt, propres à la machine, doivent être aussi peu nombreuses que possible. Enfin, on peut se demander s'il est possible de faire fonctionner régulièrement des machines à gaz développant la puissance considérable qu'exigent aujourd'hui les souffleries de hauts fourneaux. Le fractionnement de cette puissance entre deux ou plusieurs machines distinctes résout, il est vrai, dans une certaine mesure, le problème en ce qui concerne les deux dernières conditions, mais il complique les installations.

La société Cockerill, qui a fait une étude très approfondie de la question, limite à 500 chevaux environ la puissance des machines à gaz qu'elle construit. A Differdange, elle a installé six machines pareilles pour assurer le soufflage des hauts fourneaux. Le risque de voir un haut fourneau arrêté faute de vent se trouve ainsi singulièrement atténué.

Pour pouvoir employer les gaz du gueulard à l'alimentation de machines motrices, on doit les débarrasser de la plus grande partie des poussières qu'ils renferment. Nous avons indiqué plus haut les divers procédés appliqués à cet effet.

Quoi qu'on fasse, il reste toujours en suspension dans les gaz une certaine quantité de poussières très fines qui risquent d'obstruer les organes de distribution et d'allumage et de provoquer une usure rapide des cylindres. Il est donc indispensable d'employer des types de machines très simples, avec organes accessoires disposés de manière à ne pas s'encrasser rapidement. La Société Cockerill a cherché la solution du problème dans l'emploi du moteur Simplex (Delamare-Debouteville), à cylindre unique et à quatre temps.

Dans des essais faits sur un moteur de ce type, de 500 chevaux de puissance, à l'usine de Differdange, on a constaté une utilisation effective de 28 p. 100 de l'énergie

contenue dans les gaz; le reste se partageait entre les gaz d'échappement, à raison de 20 p. 100, et l'eau de circulation, à raison de 52 p. 100.

L'importance relative de ce dernier chiffre met en évidence une des difficultés essentielles du problème : pour obtenir une marche régulière avec le type ci-dessus, il faut disposer d'au moins 100 litres d'eau par cheval et par heure, la température de cette eau ne devant pas dépasser 20 à 25 degrés. Si cette condition n'est pas remplie, on est obligé d'augmenter l'activité du graissage dans une proportion énorme pour éviter des grippements.

On a également employé, pour le soufflage des hauts fourneaux, le moteur à gaz Œchelhäuser, caractérisé par l'emploi de deux pistons se mouvant en sens inverse dans un cylindre ouvert à ses deux extrémités et par la circulation des gaz toujours dans le même sens à travers ce cylindre. Cet appareil, qui paraît un peu moins sensible à l'action des poussières que les moteurs à quatre temps, ne figurait pas à l'Exposition.

Malgré les efforts faits et les progrès réalisés, le problème de l'utilisation des gaz du gueulard pour la production d'énergie, notamment pour le soufflage des hauts fourneaux, est loin d'être définitivement résolu, mais il ne tardera sans doute pas à recevoir une solution pratique.

Appareils de chauffage du vent. — Le chauffage du vent est pratiqué dans presque toutes les usines à fonte. Il existe cependant encore quelques hauts fourneaux soufflés au vent froid, tels que ceux de l'usine de Farnley, qui exposait dans la section anglaise.

Le chauffage au moyen d'appareils en fonte a été conservé dans les districts sidérurgiques où l'on n'éprouve pas le besoin de dépasser une température de 400 à 450 degrés, c'est-à-dire principalement dans ceux où l'on travaille au charbon de bois. En Suède, par exemple, il n'existe d'appareils en terre réfractaire qu'à Björneborg et à Domnarfvet. Dans l'Oural, au contraire, leur substitution aux appareils en fonte tend à s'effectuer peu à peu.

L'Exposition renfermait peu de renseignements sur les appareils en terre réfractaire actuellement en service : les usines anglaises et américaines, notamment, n'avaient fourni aucune indication sur les dispositions qu'elles emploient, bien que ces dispositions soient assez variées et souvent différentes de celles usitées sur le continent européen.

Sur ce continent, c'est le modèle Cowper qui prédomine actuellement d'une façon bien marquée. La pratique a fait voir que les facilités données par le type Whitwell pour le nettoyage en marche sont plus que compensées par la moindre utilisation de la masse réfractaire remplissant l'appareil et par les difficultés de chauffage dues à la résistance considérable opposée à la circulation du gaz par un conduit unique, sinueux et de faible section.

Pour obvier à ces inconvénients, M. Guyenet, représentant de l'inventeur en France, avait modifié le type primitif de manière à le rapprocher du type Cowper. Dans le dernier modèle, présenté par lui à l'Exposition de 1889 et reproduit presque identiquement à celle de 1900, par M. de Mocomble, son successeur, le serpentage

multiple dans le sens vertical a disparu; comme dans l'appareil Cowper, les flammes montent dans un puits de combustion à section aplatie, limitée par deux arcs de cercle, puis redescendent vers la base de l'appareil en se subdivisant entre de nombreux canaux, obtenus par l'intersection de deux systèmes perpendiculaires de cloisons et équivalents en fait à un empilage supporté par un châssis en fonte. La seule différence réelle avec les appareils Cowper consiste en ce que le fond supérieur est plat et armé au moyen de poutrelles, entre lesquelles sont ménagés de nombreux ouvreaux qui permettent un nettoyage facile de tous les canaux verticaux de l'empilage. D'autres ouvreaux, ménagés à la partie inférieure, contribuent au même résultat.

Un appareil de ce type, de 6 m. 72 de diamètre et de 22 mètres de haut, contiendrait 815 tonnes de briques réfractaires et présenterait une surface de chauffe de 3,600 mètres carrés : cette surface de chauffe reviendrait à 18 francs par mètre carré. La section totale des canaux serait de 11 mètres carrés, alors qu'elle était de 0 mq. 60 à 1 mq. 50 dans les premiers appareils Whitwell.

M. de Mocomble exposait en même temps les dessins d'un appareil Cowper ordinaire.

Il a obtenu une médaille d'argent dans la Classe 64.

Les divers appareils en briques réfractaires utilisés pour le chauffage du vent des hauts fourneaux, qu'ils appartiennent au type Cowper ou au type Whitwell, comportent trois orifices de distribution à la base des puits de combustion : ce sont une valve à gaz, une valve à air et une valve de sortie du vent chaud. Dans un dispositif ingénieux imaginé par M. Bertrand, de Kladno (Bohême), et exposé par la Société métallurgique de Gorcy, le nombre de ces orifices est réduit à deux par la réunion des introductions d'air et de gaz.

L'orifice unique servant à cette double introduction est tenu fermé, quand l'appareil est au vent, au moyen d'une plaque pleine en fonte, serrée par une vis portée elle-même par un étrier. Au commencement de la période de chauffage, on desserre la vis et on démasque l'ouverture, puis on y engage, d'une quantité convenable, une buse servant à amener le gaz. Cette buse peut être déplacée, dans le sens horizontal, au moyen d'une crémaillère : dans sa position moyenne, elle prolonge un canal vertical raccordé avec les conduites principales de gaz placées au-dessous du sol.

Le réglage du débit de gaz se fait au moyen d'un registre placé sur ce canal vertical et d'un cône pouvant obturer plus ou moins l'orifice terminal de la buse; celui du débit d'air s'obtient en engageant plus ou moins, dans l'orifice ménagé dans la paroi de l'appareil, la buse elle-même, dont la conicité extérieure est très accentuée. On arrive ainsi à un réglage très satisfaisant de la combustion et on évite tout refoulement éventuel du vent dans les conduites de gaz.

FABRICATION DE LA FONTE AU CHARBON DE BOIS.

La production de la fonte au charbon de bois a conservé une sérieuse importance dans certains pays; elle représente un chiffre de 1,260,000 tonnes dans les deux seuls districts de l'Oural et de Suède et reste assez considérable en Styrie, en Hongrie, en Bosnie et aux États-Unis. Il n'est donc pas sans intérêt de donner ici quelques détails sur le fonctionnement des hauts fourneaux consacrés à sa fabrication en Suède, dans l'Oural et en Bosnie.

En Suède, la fabrication de la fonte a fait des progrès constants depuis de longues années par l'agrandissement des dimensions des hauts fourneaux et par l'augmentation de la quantité de vent insufflée par minute. L'élévation de la température du vent n'a joué aucun rôle à cet égard; cette température, en effet, ne dépasse pas 150 degrés dans la plupart des usines et n'atteint 450 à 500 degrés que dans quelques-unes d'entre elles, où l'on a agrandi les appareils en fonte de manière à porter leur surface de chauffe à 5 mètres carrés environ par mètre cube de vent circulant par minute. A Björneborg et à Domnarfvet, où il existe des appareils Cowper, on a obtenu des températures encore plus élevées, mais il semble qu'on n'y ait pas trouvé un grand avantage, car aucune autre usine suédoise n'a entrepris d'installer des appareils en terre réfractaire.

Les hauts fourneaux de construction récente ont 16 à 18 mètres de hauteur, avec un diamètre de 1 m. 80 environ aux tuyères, 3 mètres au ventre et 2 mètres à 2 m. 10 au gueulard. Leur forme est celle de deux troncs de cône, à parois inclinées sous un angle de 76 à 80 degrés, réunis par un cylindre formant ventre.

Jusqu'à ces dernières années, le gueulard était toujours ouvert et muni simplement d'une trémie.

Cette disposition, qui prédomine encore aujourd'hui, pouvait se justifier par la dessiccation qu'elle fait subir au charbon, généralement fort humide, avant qu'il ne pénètre dans la zone où sont prélevés les gaz. L'argument n'a pas de valeur dans le cas, assez rare, il est vrai, où le charbon a été préalablement desséché.

Une raison plus sérieuse pour conserver la trémie est la facilité que donne cette disposition pour répartir à volonté les deux éléments de la charge, minerai et combustible, sur la section horizontale du gueulard. Néanmoins deux types nouveaux de fermetures de gueulard se répandent beaucoup en Suède depuis une quinzaine d'années; l'une, connue sous le nom d'appareil Charleville, se rapproche beaucoup du type Coingt; l'autre, due au docteur H. Tholander, comporte un entonnoir fixe et un entonnoir mobile avec cône central. Ces deux dernières pièces sont reliées par des chaînes et se soulèvent l'une après l'autre; en chargeant le charbon dans l'entonnoir intérieur et le minerai entre les deux entonnoirs, on arrive à faire tomber ce deuxième élément de la charge au voisinage des parois de la cuve.

Les laitiers des hauts fourneaux suédois sont généralement assez acides; le rapport de

l'oxygène de la silice à celui des bases (alumine comprise) y varie entre 1.5 et 2.5. La proportion d'alumine y est faible en général; celles de magnésie et de manganèse y sont relativement élevées.

L'acidité normale des laitiers est justifiée par l'absence du soufre dans le combustible et dans les minerais, du moins quand ceux-ci ont été préalablement grillés. Dans ces conditions, on n'a pas besoin de produire des laitiers basiques, peu fusibles, pour obtenir des fontes qui tiennent en général moins de 0.03 p. 100 de soufre. La teneur en phosphore de ces fontes ne dépasse pas 0.02 p. 100 en général et s'abaisse à 0.014 pour certaines fontes fabriquées avec les minerais de Dannemora.

Les documents fournis par les usines suédoises à l'occasion de l'Exposition ne contenaient aucune indication sur les proportions et sur les dispositions des hauts fourneaux de ces usines; ils ne fournissaient, sur leur fonctionnement, que des renseignements passablement incomplets. Les seuls de ces renseignements présentant quelque intérêt sont ceux relatifs à l'usine de Fagersta.

Suède. — *Fagersta.* — La composition des minerais qui servent à la production de la fonte de cette usine est indiquée ci-dessous :

COMPOSITION.	STORTAGS-GRUFVAN.	GRANROTS-GRUFVAN.	STÖRGRUFVAN.		MALMKARR-GRUFVAN.	GRÖNDALS-GRUFVAN.
			1re QUALITÉ.	2e QUALITÉ.		
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Protoxyde de fer	29.83	3.42	7.33	8.01	//	5.85
Sesquioxyde de fer	35.11	//	//	//	2.71	//
Oxyde magnétique	//	36.25	49.85	34.60	69.60	65.25
Protoxyde de manganèse	0.52	5.10	5.47	4.95	0.20	6.25
Magnésie	0.63	8.32	6.57	8.93	6.41	4.70
Chaux	2.20	14.40	7.20	14.00	6.00	3.40
Alumine	0.80	1.66	1.56	1.96	1.12	1.50
Silice	30.10	7.00	2.50	2.60	12.60	1.30
Acide phosphorique	0.011	0.007	0.004	0.004	0.007	0.005
Soufre	0.010	0.032	0.034	0.012	0.038	0.097
Cuivre	traces.	0.01	0.005	traces.	traces.	0.01
Perte au feu	//	23.70	18.40	25.50	2.00	12.00
Totaux	99.261	99.899	99.028	100.401	100.685	100.362
Fer métallique	46.2	28.90	41.80	31.30	52.36	51.80
Phosphore	0.005	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002

Ces minerais, uniformément pauvres en soufre et en phosphore, sont de teneurs inégales et de compositions fort diverses. Ceux de Granrot et la 2e qualité de Störgrufvan, à faible teneur en fer, mais à la fois calcaires et magnésiens, jouent évidemment le rôle de fondants par rapport aux minerais très siliceux provenant de Stortagsgrufvan.

Mélangés en proportions convenables et fondus dans des hauts fourneaux au charbon de bois, ils donnent des fontes très pures, dont les analyses ci-dessous font connaître à la fois la composition et le mode de numérotage :

NUMÉROS.	COULEUR DE LA CASSURE.	CARBONE			SILICIUM.	MANGANÈSE.	PHOSPHORE.	SOUFRE.
		COMBINÉ.	GRAPHITIQUE.	TOTAL.				
		p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
0	Gris foncé	0.38	3.61	3.99	1.47	1.78	0.018 à 0.021	0.009
1	Gris clair.....	0.46	3.35	3.81	1.38	1.67	*Idem.*	0.012
2	Gris clair.....	0.69	3.06	3.75	0.95	1.35	*Idem.*	0.010
3	Truitée.....	1.44	2.25	3.69	0.80	1.15	*Idem.*	0.012
4	Truitée.....	3.42	0.16	3.53	0.75	1.15	*Idem.*	0.010
5	Truitée.....	3.67	0.05	3.72	0.59	1.05	*Idem.*	0.010
6	Blanche.....	3.70	0.00	3.70	0.30	0.65	*Idem.*	0.011

L'usine de Fagersta a produit aussi, à une certaine époque, par addition de fer chromé au lit de fusion, des fontes au chrome qui, affinées au four Siemens-Martin, donnaient de l'acier chromé; elle préfère maintenant obtenir cet acier en introduisant du minerai de chrome dans le bain de métal en cours d'affinage.

Russie. — *District de Taguil.* — Dans la région de l'Oural, ce sont les usines de Taguil, appartenant aux Héritiers Paul Demidoff, qui nous fourniront le type de la fabrication de la fonte au charbon de bois.

Le minerai de fer consommé par les hauts fourneaux de Taguil provient presque uniquement de la mine Vouissokaia.

Composé de magnétite partiellement transformée en martite et en limonite, il est tellement compact qu'on est obligé, pour le rendre d'une réduction plus facile, de le griller dans cinq fours Westman, alimentés au gaz de haut fourneau.

Le grillage élimine les traces de soufre que le minerai peut contenir et augmente la proportion relative de fer se trouvant à l'état de peroxyde. La teneur moyenne, après cette opération, est de 64 p. 100 de métal, avec 2 à 3 p. 100 de silice, 3 à 4 p. 100 d'alumine, 1.5 à 3 p. 100 d'oxyde de manganèse et 2 p. 100 de chaux et manganèse.

Les hauts fourneaux sont au nombre de 11 dans le district de Taguil; ils appartiennent au type Raschette et produisent chacun de 25 à 35 tonnes de fonte par vingt-quatre heures. Cette production correspond à un séjour des charges dans le fourneau pendant une période de seize à vingt-quatre heures.

Le vent est soufflé à une pression de 10 à 15 centimètres de mercure et chauffé à une température de 400 degrés pour la production des fontes d'affinage, de 500 à 600 degrés pour celle des fontes Bessemer. Le chauffage était obtenu primitivement au

IMPRIMERIE NATIONALE.

moyen d'appareils en fonte; on remplace progressivement ces appareils par des Cowper ou des appareils Massicks et Crookes.

La hauteur totale des fourneaux est de 15 à 16 mètres : on ne peut guère dépasser ce chiffre quand on emploie le charbon de sapin, comme on le fait pour la production des fontes d'affinage.

Le gueulard est muni d'une trémie; les essais de fermeture complète qui ont été entrepris ont donné de mauvais résultats au point de vue de la consommation de combustible. Cela tiendrait, paraît-il, à la nécessité qu'il y aurait, étant donné le minerai employé, à effectuer le chargement par couches horizontales.

La composition moyenne des gaz indique une utilisation de 53 p. 100 du pouvoir calorifique du combustible. Le débit tout entier de ces gaz est employé au grillage du minerai, au chauffage du vent et à celui des chaudières.

Le chargement se fait par tranches horizontales : sur la charge de charbon, on étale aussi régulièrement que possible le minerai grillé et concassé en morceaux de la grosseur d'une noix.

Lorsqu'on veut obtenir de la fonte Bessemer, on ajoute au minerai de Vouissokaia 5 p. 100 environ de minerai de manganèse, tenant en moyenne 48 à 50 p. 100 de ce métal, ou bien des scories de convertisseur, tenant 30 p. 100 de MnO.

La quantité de laitier obtenue est très faible; elle ne dépasse généralement pas 20 p. 100 du poids de la fonte produite. Dans ces conditions, l'allure en fonte blanche est difficile à maintenir régulièrement; l'allure normale est celle en fonte truitée ou en fonte gris clair.

Les laitiers des hauts fourneaux de Taguil sont très alumineux (de 15 à 20 p. 100 d'alumine), assez magnésiens (de 10 à 16 p. 100 de magnésie) et relativement peu calcaires. Leur degré d'acidité est de 1 1/4 en fonte d'affinage et de 1 1/2 à 1 3/4 en fonte Bessemer.

La consommation de charbon de bois est de 950 à 1,000 kilogrammes par tonne de fonte : l'élévation de ce chiffre s'explique par le peu de réductibilité des minerais et par la nature relativement chaude des fontes produites. Le charbon employé est du charbon de sapin ponr l'allure d'affinage, du charbon de bouleau pour l'allure en fonte Bessemer ou en fontes spéciales.

Un petit haut fourneau, de 9 m. 17 de hauteur, sert à la fabrication de ces dernières fontes, ferro-manganèse, ferro-silicium et ferro-chrome, et parfois à celle de fontes de moulage obtenues avec de la magnétite phosphoreuse de Lebiajka, tenant jusqu'à 1 p. 100 de phosphore.

L'air est chauffé dans un appareil en fonte; sa température est limitée à 400 degrés par la nature même de l'appareil employé.

La production journalière, en fontes, spéciales, est de 1,150 à 1,300 kilogrammes par vingt-quatre heures; la consommation de charbon de bouleau atteint quatre à cinq fois le poids de fonte obtenue. Les ferro-manganèses tiennent jusqu'à 80 p. 100 Mn, les ferro-siliciums, 20 p. 100 Si, les ferro-chromes, 55 p. 100 Cr.

D'après les renseignements fournis par les usines de Lysva et de Kychtym, la fonte est produite par ces usines dans des conditions un peu moins avantageuses qu'à Taguil; les fourneaux sont plus petits; le vent est tantôt froid, tantôt chauffé à température peu élevée.

Bosnie. *Vareš.* — L'usine à fonte de Vareš (Bosnie) fournit un type intéressant de haut fourneau au charbon de bois, à grande production et d'installation toute récente. Le gîte de minerai de fer qui alimente l'usine a une puissance considérable, variant de 60 à 100 mètres et une étendue d'environ 5 kilomètres en direction. Cet énorme amas, intercalé entre des grès au mur et des calcaires au toit, plonge sous une inclinaison de 30 degrés; on estime qu'il peut fournir 10 millions de tonnes par exploitation à ciel ouvert. Actuellement on l'exploite en quatre points, à Pržici, Brezik, Drožkovac et Smreka. Les minerais extraits présentent les compositions suivantes :

	PRŽICI.		BREZIK.	DROŽKOVAC.			SMREKA.
	HÉMATITE ROUGE.	OLIGISTE BLEUÂTRE.	HÉMATITE BRUNE.	HÉMATITE.	SIDÉROSE CRUE.	SIDÉROSE CALCINÉE.	HÉMATITE.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Fer	65.07	61.20	48.70	54.30	45.90	57.66	40.37
Manganèse	0.53	0.11	2.00	2.53	5.08	6.17	11.25
Silice	4.14	6.05	6.28	11.20	6.55	7.04	10.15
Chaux	0.48	0.35	0.70	1.83	Non dosée.	Non dosée.	Non dosée.
Magnésie	0.26	//	0.39	1.74	*Idem.*	*Idem.*	*Idem.*
Alumine	1.00	0.68	1.35	2.20	*Idem.*	*Idem.*	*Idem.*
Baryte	//	3.00	3.03	0.85	*Idem.*	*Idem.*	*Idem.*
Soufre	0.04	0.16	0.12	0.23	0 30	0.01	0.06
Phosphore	//	0.075	0.25	0.31	0.02	0.02	0.26
Cuivre	0.01	traces.	0.26	0.01	0.02	0.08	0.05

Les mines sont reliées à l'usine par des voies de 0 m. 55 d'ouverture. Les sidéroses et les hématites brunes sont calcinées avant fusion. L'un des hauts fourneaux est d'un type ancien, mais l'autre, construit en 1899, a une hauteur de 21 mètres, un diamètre de 2 m. 50 à l'ouvrage, de 4 m. 50 au ventre et de 3 m. 20 au gueulard; sa capacité est de 175 mètres cubes. La fermeture du gueulard est du type Parry, avec deux prises de gaz latérales; la plate-forme est supportée par quatre pylônes en fer reliés par des planchers intermédiaires. La cuve n'a pas de revêtement extérieur.

La machine soufflante est horizontale compound; les cylindres à vapeur ont des diamètres de 0 m. 880 et 1 m. 340, les cylindres à vent, un diamètre de 1 m. 80; la course commune des pistons est de 1 m. 20. La distribution des cylindres à vapeur et à vent est du système Corliss. Le nombre de tours par minute peut varier entre 25 et 50, le débit étant de 570 mètres cubes à la vitesse maxima : la pression du vent peut atteindre

0 kilogr. 470 par centimètre carré. Cette machine, construite par la maison Breitfeld et Danek, de Prague, consomme 7 kilogrammes de vapeur par cheval et par heure.

Les appareils Cowper sont au nombre de cinq pour les deux fourneaux; leur diamètre est de 4 m. 50 et leur hauteur de 20 mètres. Le vent est introduit dans le fourneau par six tuyères de 0 m. 120 de diamètre, sous une pression moyenne de 0 m. 25 de mercure et à une température de 700 degrés à 800 degrés. En fonte blanche, la production est de 80 à 100 tonnes par jour et on consomme, par tonne de fonte, 1,900 kilogrammes de minerai, 150 kilogrammes de castine et 850 kilogrammes de charbon de bois.

Les fontes de Vareš ont les compositions suivantes :

	FONTE	
	BLANCHE.	GRISE.
	p. 100.	p. 100.
Silicium	0.40–0.80	1.80–3.55
Manganèse	3.5 –6.0	0.90–2.20
Soufre	0.04–0.055	0.04
Phosphore	0.10–0.25	0.20
Cuivre	0.10–0.20	0.07

La production de l'usine, en 1900, a été de 40,000 tonnes environ, dont les trois quarts de fonte blanche et le reste de fonte grise.

Pour soutenir une production aussi importante, la difficulté est ici, comme dans toutes les usines consommant du charbon de bois, d'assurer l'approvisionnement de combustible, surtout en hiver. Aussi l'usine de Vareš possède-t-elle, dans les forêts et près des stations de chemins de fer, des dépôts de charbon de bois pouvant contenir 80,000 mètres cubes. A Vareš même, il existe, près des hauts fourneaux, un grand magasin muni d'un élévateur assez puissant pour relever au niveau des étages supérieurs un wagon de charbon de bois pesant 8 tonnes en tout.

L'ensemble des installations de cette usine constitue une tentative intéressante d'adaptation des procédés modernes à la fabrication de la fonte au charbon de bois.

FABRICATION DE LA FONTE AU COKE.

La plupart des établissements sidérurgiques qui figuraient à l'Exposition ont fourni, sur le fonctionnement de leurs hauts fourneaux au coke, des renseignements plus ou moins détaillés. Nous reproduisons ci-dessous ceux de ces renseignements qui présentent un intérêt technique spécial ou qui donnent du moins une idée suffisamment précise des conditions de production de la fonte dans un district déterminé.

France. *District de l'Est.* — Le district de l'Est, principal centre de la production de la fonte, est naturellement celui qui nous fournira les éléments les plus nombreux, avec les usines de Longwy, Micheville, Gorcy, Pont-à-Mousson, Pompey, Jarville, Maxéville et Brousseval.

Aciéries de Longwy. — La Société des aciéries de Longwy possède sept hauts fourneaux : les deux usines contiguës de Mont-Saint-Martin et du Prieuré en renferment trois chacune; le septième se trouve à Moulaine, dans la vallée du même nom, à 4,600 mètres de l'usine du Prieuré, où se trouve l'aciérie. Malgré la distance, la fonte de ce fourneau est amenée liquide à l'aciérie, après un parcours de seize à dix-huit minutes sur une voie ferrée spéciale.

Les trois fourneaux de Mont-Saint-Martin sont desservis par quatorze appareils Cowper dont les plus récents ont 25 mètres de hauteur, et par quatre souffleries, dont deux horizontales, à condensation, une verticale du type de Seraing et une machine Corliss construite au Creusot. Les chaudières alimentant ces machines ont 1,740 mètres carrés de surface de chauffe.

Des accumulateurs, construits en maçonnerie sur plan rectangulaire et consolidés par des tirants transversaux, permettent d'emmagasiner 4,800 tonnes de minerai, ce qui représente environ cinq jours de marche; des estacades augmentent ce chiffre d'une dizaine de jours.

Les fourneaux du Prieuré, situés de l'autre côté de la ligne du chemin de fer de l'Est, comprennent trois hauts fourneaux divisés en deux groupes. Le premier n'a que quatre appareils Cowper par fourneau, le second en a cinq. Les surfaces de chauffe des batteries de chaudières sont de 1,000 et 1,250 mètres carrés, l'élévation de ce dernier chiffre étant motivée par l'emploi, pour les services de l'aciérie, d'une partie de la vapeur produite.

Les hauts fourneaux de la Société des aciéries de Longwy marchent normalement en fonte Thomas, fonte qui est amenée liquide aux convertisseurs. Ils produisent également, de temps à autre, une certaine quantité de fonte hématite pour moulages; on les alimente alors de minerais de Bilbao ou d'autres minerais importés. Un des débouchés principaux de cette fabrication spéciale est le moulage des lingotières qui ne sauraient être faites en fonte phosphoreuse et dont la consommation est relativement importante.

Ces deux catégories de fontes ont les compositions moyennes suivantes, d'après les analyses faites à Mont-Saint-Martin :

	FONTE THOMAS.		FONTES FORTES POUR MOULAGE			
	BLANCHE.	TRUITÉE.	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Graphite	3.00	3.20	3.20	3.05	3.00	2.50
Carbone combiné			0.40	0.30	0.60	1.30
Silicium	0.20–0.30	0.35–0.60	2.70	2.30	2.00	1.40
Manganèse	1.50	2.00	1.30	1.10	0.90	0.85
Soufre	0.044	0.032	0.02	0.04	0.06	0.09
Phosphore	2.00	2.00	0.09	0.07	0.06	0.06

Les fontes Thomas, qui constituent la production essentielle de l'usine, sont obtenues avec un mélange de minerais provenant des concessions de Mont-Saint-Martin, d'Hussigny, de Godbrange et de Tiercelet, plus une certaine proportion de minerais provenant du Luxembourg. Ces derniers, étant calcaires, compensent dans une certaine mesure l'acidité trop grande des minerais de la première catégorie. Plus tard, ce seront les minerais de la concession de Tucquegnieux, dont l'exploitation est en cours de préparation, qui constitueront l'élément basique du lit de fusion.

Il faut remarquer que la teneur en phosphore des minerais employés est ordinairement trop faible pour que la fonte contienne 2 p. 100 de ce métalloïde, proportion jugée convenable pour le travail de l'aciérie. On atteint ce chiffre en repassant des scories de convertisseur dans la proportion de 2 à 3 p. 100 du poids du minerai.

Aciéries de Micheville. — Les aciéries de Micheville possèdent cinq hauts fourneaux, de types différents. Leurs coefficients caractéristiques sont réunis dans le tableau suivant :

	UNITÉS.	FOURNEAUX.			
		N° 1.	N° 2.	N°s 3 et 4.	N° 5.
Hauteur	Mètre.	25 00	20 00	25 00	26 00
Diamètre au creuset	*Idem.*	2 75	2 75	3 00	3 75
Diamètre au ventre	*Idem.*	6 50	6 75	6 75	6 75
Diamètre au gueulard	*Idem.*	5 50	5 00	5 50	5 50
Appareils Cowper	Nombre.	5	4	4	4
Hauteur des Cowper	Mètre.	20 00	20 00	25 00	27 00
Diamètre intérieur des Cowper	*Idem.*	6 72	6 72	7 00	7 00
Cube de vent soufflé par minute	M. cubes.	800	450	800	1,300
Pression maxima du vent (en centimètres de mercure)	Centimètr.	50	16	50	50 (?)
Nombre de tuyères	Nombre.	//	//	6	8
Production moyenne par 24 heures (en fonte Thomas)	Tonnes.	130	90	145	160

Les machines soufflantes primitives des fourneaux 1 et 2 étaient de l'ancien type de la Société Cockerill, c'est-à-dire verticales et à détente Woolf. L'une d'elles est encore en service au fourneau n° 2 ; l'autre sert de machine de réserve pour le fourneau n° 1.

La machine desservant actuellement ce fourneau a été construite par la Société alsacienne de constructions mécaniques : elle est du type vertical, compound; ses deux cylindres à vapeur ont 0 m. 90 et 1 m. 30 de diamètre; les deux cylindres à vent, 2 mètres ; la course des pistons est de 1 m. 50.

Les machines des fourneaux 3 et 4 sont identiques aux précédentes. Celle du fourneau n° 5, du même constructeur, est plus puissante : la course du piston est encore de 1 m. 50, mais les diamètres des cylindres à vapeur sont de 1 mètre et 1 m. 60 et celui des cylindres à vent est de 2 m. 35.

Ordinairement on ne fait marcher ces machines qu'à la vitesse nécessaire pour obtenir, pour le vent, une pression de 0 m. 25 de mercure à la sortie des cylindres soufflants, soit de 0 m. 22 à 0 m. 23 aux tuyères.

L'eau nécessaire au service des fourneaux est élevée par deux pompes électriques débitant chacune 250 mètres cubes à l'heure.

Les fourneaux 3 et 4 sont munis d'accumulateurs en maçonnerie, d'où le minerai tombe directement par des trappes roulantes dans les wagonnets de chargement.

Les minerais qui alimentent actuellement les hauts fourneaux de Micheville présentent la composition suivante :

	COUCHE ROUGE.	COUCHE GRISE.	MINERAI CALCAIRE (employé comme castine).
	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Silice	13.60	15.40	10.70
Chaux	7.40	5.20	17.50
Alumine	6.90	6.05	6.00
Magnésie	0.70	0.90	0.85
Acide phosphorique	1.72	1.34	1.46
Acide sulfurique	0.08	0.04	0.12
Sesquioxyde de fer	55.69	58.90	41.69
Sesquioxyde de manganèse	0.43	0.34	0.28
Perte par calcination	13.48	11.83	21.40
TOTAUX	100.00	100.00	100.00
Fer	39.00	41.25	29.20
Manganèse	0.31	0.24	0.20

Les fontes Thomas obtenues se rattachent aux deux types ci-dessous :

	FONTE	
	LAMELLEUSE.	TRUITÉE.
	p. 100.	p. 100.
Manganèse	1.90	1.70
Phosphore	1.90	1.90
Carbone	2.85	2.95
Silicium	0.50	0.80
Soufre	0.04	0.045

Usine de Gorcy. — Les deux hauts fourneaux de l'usine de Gorcy ne peuvent pas être classés parmi les appareils à grande production, car ils ne fournissent ensemble que 36,000 tonnes par an; ils ont néanmoins une marche à la fois régulière et économique.

Leur approvisionnement est assuré au moyen d'accumulateurs montés en estacade. Le monte-charges, de construction métallique et actionné par une machine de 25 chevaux, est muni d'un appareil de sûreté pour éviter les conséquences d'une rupture de câble.

Le vent est fourni aux hauts fourneaux par trois machines à condensation, développant ensemble 445 chevaux et alimentées par sept chaudières avec brûleurs en briques réfractaires; sa distribution est indépendante pour les deux fourneaux. Il en est de même de celle du gaz servant à chauffer les quatre appareils Cowper existant par fourneau. La séparation des poussières est obtenue au moyen d'épurateurs de très grand volume. On dispose, après chauffage des appareils Cowper et des chaudières des souffleries, d'un certain excès de gaz qu'on emploie au chauffage des chaudières de la forge, etc.

Les minerais formant la base du lit de fusion présentent les compositions suivantes :

	MINERAIS DU TITELBERG.		MINERAIS DE LA CONCESSION DE ROMAIN (Cosnes).	CASTINE de COSNES.
	COUCHE ROUGE.	COUCHE GRISE.		
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Fer	37.50	37.12	40.00	1.80
Manganèse	0.15	0.15	Non dosé.	Non dosé.
Silice	13.91	16.52	20.00	2.26
Alumine	3.98	4.36	6.00	0.33
Chaux	9.96	3.82	3.00	52.23
Soufre	0.15	0.15	0.20	Non dosé.
Phosphore	0.60	0.65	0.70	*Idem.*
Eau hygrométrique	5.68	8.26	Non dosée.	*Idem.*
Perte par calcination	16.50	11.54	*Idem.*	*Idem.*

Quand la concession de Moutiers sera mise en exploitation, la composition des lits de fusion se trouvera très sensiblement améliorée par l'introduction des minerais de cette provenance, tenant, d'après l'analyse des échantillons de sondages :

	COUCHE ROUGE (puissance 3 m. 15).	COUCHE GRISE (puissance 3 m. 03).
	p. 100.	p. 100.
Fer	38.70	38.03
Silice	6.89	6.90
Alumine	5.15	5.00
Chaux	11.58	11.86

Ces minerais sont d'ailleurs aussi phosphoreux que ceux employés actuellement : l'usine

de Gorcy devra donc continuer à recourir aux minerais de Bilbao, de Suède, etc., pour la fabrication des fontes pures, qui représentent un sixième de sa production.

La classification des fontes à l'usine de Gorcy se décompose en deux séries :

I. Fontes d'affinage, comprenant les numéros suivants :

1, fonte blanche; 2, fonte blanche demi-chaude; 3, fonte blanche chaude; 4, fonte truitée blanche; 5, fonte truitée grise; 6, fonte grise.

II. Fontes de moulage, numérotées en sens inverse :

1, grise à gros grains; 3, grise à grains moyens; 4, grise à grains fins; 5, grise à grains serrés.

Les qualités phosphoreuses sont indiquées par les lettres A et B dans la première série et par la lettre G dans la deuxième, alors que les qualités supérieures sont indiquées par D et E (nos 3, 4, 5 et 6) dans un cas, et par G. H et G. S (nos 1, 3, 5) dans l'autre. Les analyses ci-dessous indiquent la composition de divers types de fonte de Gorcy.

	FONTE		
	B².	D².	E².
	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Carbone	2.750	3.200	3.600
Silicium	0.495	0.350	1.250
Manganèse	0.118	2.000	1.500
Soufre	0.500	0.020	0.021
Phosphore	1.820	1.900	0.088

Les fontes D sont évidemment obtenues en allure un peu chaude, avec les minerais locaux, additionnés de minerais manganésifères, tandis que les fontes E sont des fontes hématites, produites avec des minerais importés. Il en est de même des fontes G. H et G. S.; car ces fontes, dont il n'a pas été donné d'analyses, doivent présenter respectivement 14 et 16 à 18 kilogrammes de résistance à la traction et, transformées en barreaux de section carrée de 0 m. 04 de côté sur 0 m. 20 de longueur, posés sur appuis distants de 0 m. 61 (enclume de 800 kilogrammes), elles ne doivent se rompre, au choc d'un mouton de 12 kilogrammes, que sous les hauteurs suivantes de chute :

		mètres.
G. H. : nos 1, 3, 5		0.42
G. S.	n° 1	0.45
	n° 3	0.50
	n° 5	0.55

Les productions annuelles de ces diverses qualités de fonte sont les suivantes :

Fontes d'affinage	A et B	25,000 tonnes.
	D	2,000
	E	1,000
Fonte de moulage	G	3,000
	G. H. et G. S	5,000

Usine de Pont-à-Mousson. — Les hauts fourneaux de Pont-à-Mousson peuvent être pris comme type de la fabrication de la fonte de moulage dans Meurthe-et-Moselle.

Ils sont au nombre de cinq; leurs dimensions sont les suivantes :

Hauteur totale		18m00
Diamètre	au creuset	2 20
	au ventre	5 40
	au gueulard	3 00

Chaque fourneau présente, au niveau de l'ouvrage, huit chapelles en acier moulé; quatre d'entre elles reçoivent des tuyères à bout en cuivre rouge ou en bronze, avec corps en cuivre rouge; elles font une saillie d'environ 0 m. 70 dans l'intérieur du fourneau. L'écoulement des scories s'effectue par une tuyère Lürmann.

Dans les parois de l'ouvrage et des étalages sont engagées de nombreuses briques creuses en acier, ouvertes extérieurement, avec injection d'eau sous pression.

La chemise réfractaire a une épaisseur minima de 0 m. 65; elle est fortement cerclée au moyen de fers plats.

Elle est entourée, à une distance de 0 m. 75 environ, par une autre chemise en briques rouges, présentant de larges fenêtres, cintrées à leur partie supérieure, qui servent à surveiller l'état de la paroi réfractaire et, au besoin, à réparer cette paroi. Un modèle figurant à l'Exposition permettait de se rendre compte des détails de ce système de construction peu usité.

Les deux parois du fourneau sont supportées par des cadres en fonte, sur lesquels reposent des marâtres également en fonte. La plate-forme du gueulard repose sur la tour extérieure en briques rouges.

La fermeture est du type Hoff, à prise de gaz centrale : elle est manœuvrée au moyen d'un treuil à main.

Les souffleries sont au nombre de cinq; elles représentent la série des types successivement en usage pendant la période d'une quarantaine d'années qui s'est écoulée depuis la fondation de l'usine. La vieille machine Farcot, datant de l'origine de l'établissement, est encore en place, mais elle ne fonctionne plus. Le soufflage des fourneaux est assuré :

1° Par trois machines Cockerill, verticales, ayant des cylindres à vent de 2 m. 60 et de 3 mètres de diamètre, avec une course de 2 m. 44 pour leurs pistons. Elles marchent normalement à une vitesse de 9 à 10 tours par minute;

2° Par une machine compound verticale, construite par Ehrhardt et Sehmer, pouvant faire de 20 à 60 tours par minute, et dont les deux cylindres à vent ont 1 m. 70 de diamètre, leurs pistons ayant 1 m. 30 de course. Le cylindre de haute pression est à détente variable, commandée par le régulateur; le cylindre de basse pression est à détente fixe. La machine conduit, outre son condenseur, une pompe refoulant 3,000 litres d'eau par minute dans un réservoir placé à 12 mètres de hauteur.

Les quatre machines en activité envoient l'air dans un réservoir commun, ayant la forme d'un cylindre en tôle, de 2 mètres de diamètre. De là, le vent est conduit aux

appareils Cowper, au nombre de trois pour chacun des anciens fourneaux et de quatre pour le plus récent. Le peu d'espace dont on disposait a obligé à limiter à la fois le nombre et le diamètre de ces appareils. Leur diamètre est de 5 m. 80; leur hauteur est de 25 mètres pour les plus anciens, de 30 mètres pour les plus récents. Les empilages sont de forme hexagonale. L'entrée des gaz combustibles et la sortie des gaz brûlés sont assurées par des valves pivotantes, du système Burgers.

Le vent arrive aux tuyères avec une pression de 13 à 14 centimètres de mercure et une température de 800 degrés environ.

Les chaudières sont au nombre de dix-huit.

Treize sont à triple parcours de flamme et formées d'un corps cylindrique de 1 m. 30 à 1 m. 60 de diamètre, sur 15 à 20 mètres de longueur, et d'un réchauffeur de 0 m. 70 à 1 mètre de diamètre. Cinq, du type alsacien, ont un corps cylindrique de 1 m. 20 de diamètre sur 10 mètres de longueur et trois bouilleurs de 0 m. 60 de diamètre. Une seule appartient au type de Naeyer.

Le chauffage de toutes ces chaudières s'effectue par combustion du gaz dans un empilage de briques réfractaires.

La quantité de gaz qui leur est fournie par heure est estimée à 28,000 mètres cubes; la production correspondante de vapeur est de 14,000 kilogrammes.

La répartition du gaz des hauts fourneaux entre ces appareils Cowper et les chaudières se fait dans des proportions respectives représentant 55 et 45 p. 100 du total. Les gaz sortent du gueulard sous une pression de 0 m. 02 à 0 m. 07 d'eau, avec une température de 100 à 200 degrés et la composition moyenne suivante (en volume) :

	p. 100.		p. 100.
Acide carbonique	9.40	Oxygène	0.90
Oxyde de carbone	24.30	Azote	61.60
Hydrogène	1.80		
Formène	2.00	TOTAL	100.00

Ils contiennent, dans la proportion de 0.003 de leur poids, des poussières que l'on en sépare en les filtrant à sec à travers de la paille de fer à laquelle on imprime des secousses périodiques pour éviter l'engorgement (système Cavallier). Le produit recueilli tient beaucoup de chaux et une proportion appréciable de potasse; on en vend une partie comme engrais.

Chaque fourneau reçoit, par vingt-quatre heures, 42 charges ayant, en moyenne, la composition suivante :

Minerai	4,000 kilogr.
Castine	200 à 300
Coke	1,800

Le lit de fusion rend 33 à 34 p. 100 de fonte : la production est de 55 à 60 tonnes par vingt-quatre heures. La composition moyenne de la fonte de moulage est :

Carbone	2.8 à 3 p. 100
Silicium	2 à 2.8

Celle des laitiers est la suivante :

Silice	30 à 32 p. 100
Chaux	40 à 44
Alumine	22 à 24
Oxyde de fer	1 à 1.2

Aciérie de Pompey. — L'usine de Pompey possède actuellement quatre hauts fourneaux pouvant produire ensemble 500 tonnes de fonte par jour. Deux de ces appareils sont anciens et ne peuvent dépasser une production journalière de 90 tonnes; ils seront reconstruits plus tard. Les deux nouveaux produisent couramment 160 tonnes de fonte Thomas par 24 heures; ils appartiennent au type dépourvu de revêtement extérieur, où la plate-forme du gueulard est supportée par quatre pylônes en fer, à treillis : ces pylônes sont reliés par des cadres horizontaux supportant des planchers qui permettent la visite facile de toute la paroi extérieure. La chemise réfractaire est supportée par huit colonnes en fonte.

La hauteur utile est de 22 mètres; les diamètres intérieurs sont de 3 m. 20 à l'ouvrage, 6 m. 70 au ventre et 5 mètres au gueulard. Le vent est donné, sous une pression de 0 m. 25 à 0 m. 28 de mercure et à une température de 800 à 850 degrés, par 6 tuyères d'environ 0 m. 20 de diamètre.

En arrière de chaque fourneau se trouve une rangée de 4 appareils Cowper, de 7 mètres de diamètre et de 25 mètres de hauteur; la cheminée, de 85 mètres de hauteur, commune à tous ces appareils, est placée à l'extrémité de leur alignement; le monte-charges, commun aux deux fourneaux, est établi encore plus à l'arrière. En arrière du monte-charges se trouvent deux estacades à minerai, longues de 300 mètres.

Le bâtiment des machines soufflantes est placé à une des extrémités de l'installation, un peu plus éloigné de la ligne des fourneaux que le monte-charges. Il contient deux machines. La batterie des chaudières, représentant une surface de chauffe totale de 3,200 mètres carrés, est installée à proximité de la soufflerie et orientée perpendiculairement à la ligne des fourneaux.

La fermeture du gueulard est du type Hoff, à prise de gaz centrale.

Les gaz traversent d'abord un conduit en tôle à deux parois concentriques, puis un serpentin comprenant quatre branches verticales de 10 mètres de haut et de 2 m. 30 de diamètre, avec nappe d'eau à la base de ces branches.

En avant de la ligne des fourneaux, au voisinage immédiat de celle-ci, passe une voie inférieure sur laquelle circulent les trucks portant les caisses à laitiers. Au-dessus de cette voie, un pont de 5 mètres d'ouverture et de 4 mètres de largeur relie chaque fourneau à sa halle de coulée, large de 23 mètres et longue de 30 mètres. Le milieu de cette halle est occupé par une fosse avec voie ferrée, sur laquelle circule la poche destinée à transporter la fonte liquide à l'aciérie. La fonte qui ne peut être utilisée directement sous cette forme est coulée en gueuses des deux côtés de la halle.

Usine de Jarville. — Les hauts fourneaux de la Société des forges et aciéries du Nord et de l'Est sont situés à Jarville, tout près de Nancy; ils sont alimentés par les minerais de la concession de Chavigny-Vandœuvre, qui présentent la composition centésimale suivante, à l'état sec :

	COUCHE	
	MOYENNE.	INFÉRIEURE.
	p. 100.	p. 100.
Silice	10.50	12.50
Alumine	6.75	6.10
Chaux	9.10	8.50
Magnésie	1.15	1.30
Fer	37.70	36.65

Les minerais contiennent, au sortir de la mine, une proportion d'eau assez élevée pour abaisser à 33.15 p. 100 et 32.25 p. 100 les teneurs en fer indiquées ci-dessus. Avec les additions de castine nécessaires, la teneur moyenne du lit de fusion ne dépasse guère 28 p. 100 de fer.

L'usine de Jarville comprend en réalité deux établissements distincts, séparés l'un de l'autre par une distance de 1 kilomètre environ. Ils sont raccordés avec la voie ferrée de Nancy à Vézelise, par laquelle ils reçoivent, d'une distance de 8 kilomètres, le minerai de Chavigny-Vandœuvre, et possèdent, sur le canal de la Marne au Rhin, des quais servant à la fois au déchargement des cokes et à l'expédition des fontes.

L'usine d'amont, située à l'extrémité du village de Jarville, renfermait les fourneaux 1 et 2, d'une capacité de 230 mètres cubes seulement avec une hauteur de 15 m. 50. En 1900, on y procédait à la démolition des anciennes installations et à la construction d'un grand haut fourneau de 575 mètres cubes de capacité et d'une hauteur utile de 27 mètres, avec des diamètres de 3 m. 25 au creuset, de 6 m. 75 au ventre et de 5 mètres au gueulard. Ce fourneau devait être muni de cinq appareils Cowper, de 6 mètres de diamètre et de 25 mètres de hauteur, au moyen desquels on comptait porter à 900 degrés la température du vent.

La soufflerie, du nouveau type de la Société Cockerill, devait aspirer 1,000 mètres cubes d'air par minute et donner une pression de 0 m. 30 de mercure en marche normale, c'est-à-dire à une vitesse de 30 tours; en portant cette vitesse à 50 tours, on devait obtenir une pression de 0 m. 50.

Le fond du creuset est à 3 m. 80 au-dessus du sol d'usine; l'ouvrage recevra six tuyères. La cuve est supportée par une marâtre appuyée sur les saillies latérales de huit colonnes en fonte, qui sont elles-mêmes prolongées par des pylônes en treillis supportant la plate-forme du gueulard.

L'appareil de chargement est automatique, du type de la Brown hoisting and conveying machine Company, de Cleveland (Ohio). Il comporte deux cônes superposés, l'inférieur fonctionnant par abaissement, à la manière ordinaire, l'autre se terminant

à sa partie inférieure par un couloir incliné, excentré, et tournant d'une certaine quantité autour de l'axe du fourneau à chaque manœuvre de l'appareil de chargement. Celui-ci est formé par une benne roulant sur un plan incliné et déversant automatiquement son contenu dans le cône supérieur quand elle est arrivée en un certain point de son parcours. Pour éviter le dégagement du gaz dans l'atmosphère au moment de l'abaissement du grand cône, l'intervalle qui le sépare du petit est muni d'une enveloppe conique en tôle, et l'orifice inférieur de l'entonnoir tournant est fermé par une valve. L'abaissement du cône principal s'effectue au moyen d'un piston différentiel, actionné par la vapeur et commandé, au moyen d'un câble ou d'une chaîne, par le mécanicien qui conduit le treuil du plan incliné. On peut donc supprimer complètement, en théorie du moins, le personnel du gueulard.

La partie supérieure de la cuve du haut fourneau, sur 4 mètres de hauteur, est en tôle, avec joint hydraulique à la base. Cette disposition est imposée par l'usure considérable que subissent en peu de temps les parois réfractaires sous l'action d'un chargement intensif.

La production de ce fourneau doit être de 200 tonnes par 24 heures.

Les hauts fourneaux n°s 3, 4 et 5, groupés dans une deuxième usine, ont uniformément 21 mètres de haut, avec un diamètre de 2 m. 40 aux tuyères; leur diamètre au centre est de 6 mètres et de 4 m. 25 au gueulard, sauf le n° 4 pour lequel ces chiffres sont réduits à 5 m. 60 et 4 mètres. Les capacités correspondantes sont de 360 et de 300 mètres cubes. Ils sont munis d'une enveloppe extérieure en briques ordinaires. Les n°s 3 et 4 sont munis chacun de 4 appareils Cowper, le n° 5, de 5 appareils. Ceux-ci ont uniformément 6 m. 50 de diamètre et 18 m. 50 de hauteur. Les machines soufflantes appartiennent à l'ancien type vertical de la Société Cockerill, donnant 600 mètres cubes par minute sous une pression de 0 m. 11 à 0 m. 13 de mercure. Leur vitesse de rotation maxima est de 18 tours par minute.

Chaque fourneau possède un monte-charges actionné par une petite machine à vapeur à un seul cylindre, placée vers le tiers de la hauteur. Le gueulard est muni simplement d'une trémie. Les laitiers sont grenaillés; on peut vendre ceux de fonte d'affinage pour la fabrication de carreaux céramiques, mais les autres doivent être mis en tas sur la rive opposée de la Meurthe, au moyen d'un transporteur à câble.

La production journalière de chacun des fourneaux 3, 4 et 5 de Jarville est de 95 tonnes de fonte Thomas à 2.5 p. 100 de manganèse, ou de 125 tonnes de fonte d'affinage.

Usine de Neuves-Maisons. — Les hauts fourneaux de Neuves-Maisons se trouvaient, en 1900, dans une période de transformation. Deux d'entre eux avaient conservé leurs proportions primitives, c'est-à-dire une hauteur de 19 mètres avec un diamètre de 6 mètres au ventre ; un troisième venait d'être reconstruit avec une hauteur de 24 mètres; la construction de deux autres, enfin, était à peine commencée. Leur fermeture de gueulard est du type Parry avec chargement au moyen de wagons spéciaux, à fond co-

nique et dont la paroi cylindrique peut être soulevée par un levier de manœuvre; ce levier est commandé par un piston hydraulique, de même que celui actionnant le cône de fermeture.

Les monte-charges sont également à manœuvre hydraulique; le piston moteur porte une crémaillère qui actionne un pignon calé sur l'arbre de la poulie du câble élévateur.

Les approvisionnements de minerai devaient être emmagasinés dans des accumulateurs cylindriques en tôle, avec chargement direct des wagonnets au moyen de trappes roulantes; la construction de ces accumulateurs était à peine commencée en 1900. La production journalière des fourneaux de Neuves-Maisons varie entre 100 et 120 tonnes, suivant la nature de fonte produite.

Usine de Maxéville. — Le premier établissement créé dans l'Est de la France, en 1863, par la société de Vezin-Aulnoye, avait été celui de Maxéville, comprenant à l'origine deux hauts fourneaux de 180 mètres cubes de capacité, desservis chacun par une machine soufflante débitant 300 mètres cubes par minute. La capacité des fourneaux a été portée depuis à 240 mètres cubes; à une date toute récente, leur nombre a été élevé à 3, ainsi que celui des machines soufflantes; le débit total de ces machines atteint aujourd'hui 1,200 mètres cubes par minute. Les deux anciens hauts fourneaux ont fourni des campagnes d'une régularité et d'une durée remarquables; au moment de l'Exposition, ils étaient respectivement en marche depuis dix et quatorze ans et donnaient une production moyenne de 88 tonnes par jour.

Le lit de fusion tient seulement de 28 à 31 p. 100 de fer; il se compose d'un mélange des minerais suivants :

	L'AVANT-GARDE ET POMPEY.	BOUDONVILLE.	AMANCE.
	—	—	—
	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Silice	11.40	14.75	6.82
Alumine	7.00	6.40	5.89
Chaux et magnésie	11.30	7.75	13.33
Peroxyde de fer	43.50	44.72	43.74
Acide phosphorique	1.65	1.41	1.64

Les fontes de Maxéville contiennent les proportions suivantes de silicium et de soufre :

		SILICIUM.	SOUFRE.
		—	—
		p. 100.	p. 100.
Fonte	blanche n° 3	0.24	0.46
	blanche n° 2	0.34	0.42
	blanche n° 1	0.44	0.38
	piquée	0.61	0.28
	truitée blanche	0.75	0.25
	truitée grise	0.96	0.22
	grise	1.20	0.17
	Thomas O M	0.38	0.115

Leur teneur en phosphore varie entre 1.60 et 1.70 p. 100.

Usine d'Homécourt. — La teneur des minerais extraits des concessions possédées par la Société de Vezin-Aulnoye dans la région de Nancy est assez peu élevée ; le tonnage en est relativement limité. Les concessions d'Homécourt et d'Anderny, obtenues successivement par cette société dans la région de Briey, contiennent des quantités très importantes de minerais qui sont bien plus avantageux à traiter au haut fourneau, à cause de l'élévation relative de leur teneur et de leur fusibilité sans addition. Si la Société de Vezin-Aulnoye avait eu l'intention de conserver ses anciennes traditions industrielles et de continuer à produire de la fonte dans l'Est pour la transformer ensuite dans ses usines de la région du Nord, elle aurait pu expédier par chemin de fer ses minerais d'Homécourt à son usine de Maxéville, agrandie au besoin. Du moment qu'elle voulait créer une grande aciérie, il valait mieux construire celle-ci à Homécourt, au voisinage immédiat des trois puits qu'elle avait ouverts progressivement. C'est cette solution qu'elle a adoptée, mais sur les six hauts fourneaux qui seraient nécessaires pour alimenter l'aciérie en pleine activité, il n'y en a encore que deux de construits ; on supplée, en refondant au cubilot des fontes produites à Maxéville, à l'insuffisance momentanée de l'alimentation de l'aciérie résultant de cet état de choses.

Un des traits caractéristiques de l'installation d'Homécourt est la puissance des aménagements prévus pour assurer l'alimentation des hauts fourneaux. Les minerais provenant des deux puits du siège du Haut-des-Tappes, situé à côté de l'usine, sont amenés dans des wagonnets au-dessus des accumulateurs dans lesquels on les déverse; ces accumulateurs sont d'une capacité suffisante pour emmagasiner la consommation d'un mois. Une deuxième rangée, de même type et placée parallèlement à la première, peut recevoir un approvisionnement de coke représentant 4,000 tonnes par haut fourneau. Pour diminuer le bris du coke, il existe deux niveaux de voies pouvant servir à la circulation des wagons; on utilise le niveau inférieur quand les accumulateurs à coke sont à peu près vides.

Dans une grande fosse séparant les deux rangées d'accumulateurs, circule un pont roulant électrique supportant un réservoir de 4 mètres cubes de capacité à l'intérieur duquel glisse directement soit le minerai, soit le coke. Ce réservoir va vider ensuite son contenu dans un *skip,* de même capacité, que l'on élève sur un plan incliné et qui déverse finalement son contenu dans la trémie supérieure d'une double fermeture de gueulard. La manœuvre du monte-charges et celle des cônes de fermeture du gueulard sont assurées par des appareils électriques.

Les hauts fourneaux ont 25 mètres de hauteur ; ils sont étudiés en vue d'une production journalière de 150 tonnes qui pourra être portée à 200.

Chaque fourneau est desservi par une machine soufflante débitant 1,000 mètres cubes d'air par minute et par 5 appareils Cowper de 7 mètres de diamètre et de 28 m. 25 de haut. L'évacuation du laitier se fera au moyen de poches recevant 15 tonnes de cette matière et la déversant à l'état liquide sur le crassier, de manière à réduire le volume de celui-ci.

Usine d'Aulnoye. — Malgré l'importance de sa production de fonte dans l'Est de la France, la Société de Vezin-Aulnoye ne renonce pas à faire marcher ses hauts fourneaux

d'Aulnoye. Elle les a reconstruits à une époque récente, en supprimant leur enveloppe extérieure de maçonnerie de briques rouges et faisant supporter le gueulard par des pylônes appuyés sur les colonnes en fonte qui soutiennent la cuve réfractaire. La capacité de ces fourneaux est de 335 mètres cubes ; chacun d'eux est desservi par une machine soufflante, du dernier type de la Société Cockerill, débitant 500 mètres cubes d'air par minute. Ils traitent un mélange de scories de fours à réchauffer, de minerais calcaires de la concession d'Homécourt et de minerais étrangers, arrivant par Dunkerque ; les fontes qu'ils produisent sont notablement moins phosphoreuses que celles de l'Est et servent à produire des fers de qualité supérieure.

Usine de Brousseval. — Les hauts fourneaux de Brousseval (Haute-Marne) appartiennent bien à la région de l'Est au point de vue géographique, mais ils traitent des minerais d'une nature différente, les minerais néocomiens de Pont-Varin, dont la composition est donnée ci-dessous ainsi que celle de la castine employée comme fondant :

	MINERAI. I.	MINERAI. II.	CASTINE.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Silice	14.95	16.10	2.75
Alumine	9.00	8.85	2.00
Peroxyde de fer	58.56	61.90	
Chaux	0.90	1.15	51.00
Magnésie	Traces.	0.41	0.65
Soufre	Non dosé.	0.80	//
Eau hygrométrique	10.00	11.70	0.50
Acide carbonique	//	//	40.70
TOTAUX	97.41	100.91	97.60

Par tonne de fonte de moulage, on consomme en moyenne 2,400 kilogrammes de minerai, 800 kilogrammes de minerai et 1,500 kilogrammes de coke.

La composition des fontes pour moulage en première fusion est indiquée par les analyses suivantes :

	p. 100.	p. 100.
Carbone	3.90	2.96
Silicium	2.28	1.30
Soufre	Non dosé.	0.08
Phosphore	0.92	0.94
Manganèse	Non dosé.	1.17

Il existe encore dans la Haute-Marne quelques autres hauts fourneaux alimentés au moyen de minerais néocomiens et travaillant soit au coke, soit au charbon de bois. C'est à cette dernière catégorie qu'appartient le haut fourneau de Bussy, appartenant à la maison Capitain-Gény et Cie, dont l'exposition ne fournissait aucune indication sur les conditions de production de la fonte. D'une manière générale, cette production est en voie de décroissance marquée dans la Haute-Marne.

IMPRIMERIE NATIONALE.

France. **Districts du Nord et de l'Ouest.** — Dans le Nord de la France, l'alimentation des hauts fourneaux peut être assurée de deux manières différentes. Ou bien, comme on l'a vu à l'occasion des usines d'Aulnoye, Maubeuge, Denain et Anzin, les charges se composent d'un mélange de minerais de Meurthe-et-Moselle, de scories de provenances diverses, de minerais importés, etc.; ou, comme à Isbergues, elles sont formées exclusivement de minerais importés. Ce deuxième système est appliqué également par les usines installées sur le littoral de l'Ouest et du Midi, telles que celles de Trignac et du Boucau; c'est le seul sur lequel il nous reste à donner quelques détails.

Usine d'Isbergues. — Les minerais qui alimentent les hauts fourneaux d'Isbergues proviennent de Bilbao, de l'île d'Elbe, du Sud de l'Espagne, de Grèce, etc., avec addition d'une petite quantité de minerai pauvre du Boulonnais. Comme fondant, on emploie du calcaire carbonifère de la Vallée Heureuse, près Marquise. Les hauts fourneaux sont au nombre de trois: deux seulement sont normalement en feu. Leur sole est à 4 mètres au-dessus du sol de l'usine; leur hauteur est de 20 mètres, leur diamètre, de 2 mètres au creuset et de 6 mètres au ventre, leur capacité, de 385 mètres cubes. Ils sont desservis collectivement par dix appareils Whitwell, de 6 m. 70 de diamètre et de 18 mètres de haut, chauffant le vent à 800 degrés environ. Chacun d'eux reçoit le vent par sept tuyères, dont quatre de 0 m. 160 de diamètre et trois de 0 m. 130, placées à un niveau supérieur.

Les gueulards sont reliés entre eux par une plate-forme, desservie par deux monte-charges. Les fermetures sont du type Hoff (*cup and cone*, avec prise de gaz centrale). Le soufflage est effectué par trois machines du type Cockerill, tournant à 12 tours et refoulant chacune 300 mètres d'air par minute dans un collecteur de 2 mètres de diamètre, sous une pression de 0 m. 20 à 0 m. 30 de mercure.

La production journalière de chaque fourneau est de 120 à 135 tonnes.

Toute la fonte est coulée en gueuses, de 35 kilogrammes en moyenne, dans des halles de 30 mètres de long, pouvant recevoir chacune 4 coulées de 15 tonnes. Chaque coulée est analysée : la classification des fontes d'Isbergues est donnée par le tableau suivant :

	POUR FONDERIE.					POUR FORGES.		FONTES SPÉCIALES.	
	N° 1. — FONTE GRISE.	N° 2. — FONTE GRISE.	N° 3. — FONTE GRISE.	N° 4. — FONTE GRISE.	N° 5. — TRUITÉE grise.	N° 6. — TRUITÉE blanche.	N° 7. — BLANCHE.	FERRO-SILICIUM.	SPIEGEL.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Carbone.....	4.25	4.00	3.75	3.50	3.25	3.00	3.00	3.00	4.50
Silicium.....	3.50	3.25	3.00	2.50	2.00	1.50	0.90	7.50	0.60
Soufre.....	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.09	0.01	0.01
Phosphore.....	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Fer.....	90.00	90.50	91.00	92.90	92.90	93.80	95.00	87.50	83.75
Manganèse.....	1.90	1.85	1.80	1.75	1.65	1.50	1.25	1.75	11.90
Totaux....	99.71	99.67	99.63	99.84	99.90	99.91	100.29	99.81	99.91

Usine de Trignac. — Les hauts fourneaux de Trignac (Loire-Inférieure) sont au nombre de trois; ils ont 20 mètres de hauteur, avec 3 mètres de diamètre à l'ouvrage, 6 mètres au ventre et 4 m. 50 au gueulard. Leur capacité est de 300 mètres cubes; ils peuvent produire chacun de 120 à 125 tonnes de fonte par vingt-quatre heures.

La plate-forme du gueulard est supportée par quatre pylônes en fer, avec planchers intermédiaires. Il n'existe pas de revêtement non réfractaire.

Le soufflage est effectué au moyen de deux puissantes machines verticales, développant 650 chevaux chacune. Le vent est chauffé à 700-750 degrés, au moyen de huit appareils Whitwell, de 6 mètres de diamètre et de 14 mètres de haut. Les gaz non utilisés dans les appareils chauffent 16 chaudières à vapeur.

Ces hauts fourneaux sont affectés à la fabrication de fontes pures, au moyen de minerais importés soit de Bilbao, soit des mines de Beires et Las Rozas (région d'Almeria), exploitées par la Société. Ces derniers minerais ont les compositions suivantes :

	LAS ROZAS.	MINES DE BEIRES — MINE VIRGEN DE TICES.	MINES DE BEIRES — MINE LA PALMERA.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Fer	51.0	56.71	56.98
Manganèse	10.16	3.33	3.10
Silice	3.77	2.58	4.76
Soufre	0.041	0.027	0.008
Phosphore	0.014	0.029	0.008
Chaux	0.20	//	0.20
Magnésie	0.10	0.25	0.61
Perte par calcination	5.90	9.80	7.00

Les hauts fourneaux de Trignac traitent en outre, annuellement, de 15,000 à 18,000 tonnes de pyrites grillées, qui ont été préalablement désulfurées et agglomérées par lavage, séchage et cuisson, suivant une formule qui a été décrite plus haut. Les briquettes obtenues ne tiennent que 0.03 à 0.05 de soufre, avec 64 à 66 p. 100 de fer. Les fontes produites sont consommées, pour la plus grande partie, par l'usine elle-même; la Société vend cependant une vingtaine de mille tonnes de fonte hématite par an.

Usine du Boucau. — L'usine du Boucau (Basses-Pyrénées), appartenant à la Compagnie des forges et aciéries de la marine et des chemins de fer, s'approvisionne de minerai à Bilbao d'une manière à peu près exclusive : elle est à cet égard dans une situation plus favorable que celle de Trignac à cause du peu d'importance du transport à effectuer. Comme Trignac, elle fabrique son coke avec des houilles de provenance anglaise. Ses quatre hauts fourneaux sont de dimension moindre que ceux de Trignac et ne produisent, en moyenne, que 70 tonnes de fonte chacun par vingt-quatre heures.

France. **District du Centre.** — Les conditions de fonctionnement des hauts fourneaux du Centre sont assez complexes; ces appareils traitent tantôt des minerais locaux, tantôt des scories, tantôt des minerais importés. Dans la Loire, il n'en reste qu'un seul en activité, celui de Firminy; il est alimenté de scories, de minerais d'Algérie et de minerais de Ria (Pyrénées-Orientales).

Usine du Creusot. — Les hauts fourneaux du Creusot sont, dans le district du Centre, les seuls dont le mode de fonctionnement présente quelque intérêt. Ils sont de dimensions modérées, car ils ont seulement 20 mètres de hauteur, avec une capacité de 363 mètres cubes. En 1900, ils étaient au nombre de cinq, adossés à une plate-forme de 500 mètres de longueur et de 100 mètres de largeur qui domine de 10 mètres le sol de l'usine ; sur cette plate-forme sont installés 155 fours à coke avec 12 chaudières tubulaires pour l'utilisation des flammes perdues, un atelier de préparation des houilles à carboniser, deux ateliers d'agglomération des pyrites grillées, contenant trois presses à double compression, système Couffinhal, le bâtiment des machines soufflantes, un atelier d'entretien et les bureaux du service.

Au niveau du sol d'usine se trouvent 18 chaudières chauffées par le gaz des hauts fourneaux : elles sont du type cylindrique tubulaire, à chambre de combustion, sans foyer; elles utilisent jusqu'à 78 p. 100 de la chaleur contenue dans les gaz. Les chaudières des fours à coke, également tubulaires, donnent un kilogramme de vapeur par kilogramme de charbon chargé dans les fours. Dans ces conditions, les hauts fourneaux peuvent mettre à la disposition des autres services une puissance de 2,000 chevaux au minimum.

Les souffleries sont au nombre de six, du type horizontal; elles fournissent du vent à un collecteur commun sur lequel s'alimentent tous les hauts fourneaux. C'est cette organisation spéciale qui a motivé l'installation, sur chacune de ces machines, d'un double réglage automatique de la vitesse de marche et de la pression. Il existe 20 appareils Cowper pour cinq hauts fourneaux.

Outre les minerais pauvres et phosphoreux de Mazenay, les hauts fourneaux consomment des scories de puddlage et de réchauffage, des pyrites grillées, préalablement agglomérées, et des minerais importés, de nature fort diverse. Trois des fourneaux marchent en allure de fonte Thomas, les deux autres, en fonte d'affinage ou de fonderie, suivant les cas.

La fermeture de gueulard est du type Parry. Jusqu'à 1899 inclusivement, le chargement se faisait au moyen de wagonnets à fond conique, avec paroi latérale cylindrique pouvant se soulever une fois le wagonnet amené dans l'axe du cône du fourneau. Ce système assurait une distribution très régulière des matières, mais exigeait le chargement du wagonnet à la pelle.

On a expérimenté depuis une variante dans laquelle le récipient spécial, au lieu de rouler sur de petites voies, est transporté par un câble aérien qui passe au-dessus des gueulards, puis abaissé sur l'un ou l'autre de ces gueulards, le tout au moyen d'un seul appareil de manœuvre pour l'ensemble des fourneaux.

La benne de chargement employée est formée d'un cylindre en tôle, de 1 m. 500 de diamètre et de hauteur égale, prolongé par un tronc de cône de 0 m. 400 de hauteur. Ce tronc de cône se termine par une ouverture où s'engage, la pointe en haut, un cône de 0 m. 400 de diamètre à sa base; le sommet de ce cône est prolongé par une tige qui sert à suspendre tout le système. Avec cette disposition, sensiblement identique

à celle adoptée aux hauts fourneaux de Duquesne (États-Unis), la fermeture se trouve assurée tant que la benne est suspendue par sa tige; lorsqu'elle est déposée sur un siège circulaire, le cône central s'abaisse, et laisse tomber la charge.

Pour remplir la benne de combustible, on l'amène à l'extrémité d'une grille sur laquelle un transporteur automatique déverse le coke qu'il a pris à la base même du plan incliné sur lequel on opère l'extinction, à la sortie des fours à coke. Pour la remplir de minerai, on la place sous les couloirs inférieurs de réservoirs en tôle, dans lesquels on a préparé à l'avance le lit de fusion, en se servant, à cet effet, d'un wagon-bascule qui va prendre aux estacades les éléments du mélange, en quantités pesées exactement, et les déverse ensuite dans les six réservoirs de remplissage.

La benne est accrochée, par l'intermédiaire d'une poulie de 0 m. 600 de diamètre, au câble élévateur, de 0 m. 021 de diamètre et pouvant supporter une charge de 15 tonnes, qui pend à double brin, au-dessous du chariot porteur. Celui-ci est formé d'un cadre rigide supportant deux poulies de renvoi pour le câble élévateur, poulies ayant chacune 0 m. 600 de diamètre comme la poulie de suspension; il est supporté lui-même par deux groupes de deux poulies de 0 m. 300, roulant sur un câble porteur de 0 m. 056 de diamètre, fait en fil d'acier résistant à 120 kilogrammes par millimètre carré. Le déplacement du chariot sur le câble porteur est commandé par un câble souple, de 0 m. 012 de diamètre.

Les manœuvres des câbles s'effectuent au moyen d'un treuil électrique de 65 chevaux (fonctionnant sous 220 volts), installé dans une cabine de manœuvre placée sur un grand pylône métallique, au niveau du gueulard des hauts fourneaux et un peu en dehors de leur alignement. Il est disposé de manière à pouvoir produire à volonté l'entraînement de l'un ou l'autre des câbles mobiles, avec une vitesse de 0 m. 80 par seconde pour le soulèvement (sous une charge de 5,600 kilogrammes), de 4 m. 50 par seconde pour le transport horizontal.

On commence par soulever la benne à une hauteur de 25 mètres, c'est-à-dire à 3 mètres au-dessus de la plate-forme du gueulard des hauts fourneaux, puis on l'amène, par une manœuvre du câble tracteur, dans l'axe du gueulard de l'un de ceux-ci et on l'abaisse de manière à la faire reposer sur un siège circulaire, ayant son centre sur l'axe du cône de fermeture du fourneau. Le cône de fermeture de la benne s'abaisse à mesure qu'on rend du câble et la charge se répartit uniformément dans la trémie. Une série de manœuvres inverses ramène la benne au niveau du sol, dans sa position de remplissage.

Le mode de chargement adopté aujourd'hui au Creusot dérive évidemment de celui des hauts fourneaux de Duquesne, par rapport auquel il paraît constituer un progrès réel, en théorie du moins, tant au point de vue de l'économie de personnel qu'à celui de la sûreté des manœuvres, le machiniste étant placé de manière à voir directement ce qui se passe au gueulard des trois fourneaux seuls restés en service, sur les cinq qui existaient auparavant.

Il reste à savoir si les manœuvres pourront être effectuées avec une précision suffisante et si le chargement ne deviendra pas impossible quand le vent sera violent. Les premières expériences faites ne sont pas précisément rassurantes à cet égard.

Le même système de chargement est en cours d'installation à Cette, dans l'usine nouvelle qu'y construit la Société Schneider et Cie.

En 1899-1900, avec l'ancienne installation, la production moyenne des hauts fourneaux était de 80 tonnes de fonte par jour, ce qui correspondait à une marche lente. En compensation, les campagnes étaient de longue durée ; l'une d'elles a presque atteint une période de dix-sept ans.

Dans l'exposition du Creusot figuraient les analyses suivantes de fontes :

	FONTES D'AFFINAGE.							FONTE SUPÉRIEURE.
	C_1.	D.	D_1.	D_2.	E.	E_1.	E_2.	
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Silicium	1.487	1.311	0.974	1.166	0.540	0.350	0.503	1.227
Soufre	0.115	0.144	0.199	0.163	0.435	0.440	0.273	non dosé.
Manganèse	0.650	0.938	0.655	0.768	0.352	0.570	0.531	2.846
Phosphore	1.105	1.178	1.109	1.074	1.103	1.046	1.070	0.061

Les laitiers des hauts fourneaux du Creusot sont grenaillés dans une citerne en maçonnerie remplie d'eau, puis employés à la fabrication des briques, dalles, etc.

Usine de Firminy. — Le haut fourneau de Firminy est d'une capacité de 200 mètres cubes ; il peut produire par vingt-quatre heures jusqu'à 120 tonnes de fonte ordinaire, mais ce chiffre se réduit à 60 tonnes en allure de fonte grise.

Les minerais consommés proviennent de Mokta el Hadid, de la Méboudja, concession appartenant à la Société, et de Ria (Pyrénées-Orientales). Des échantillons exposés présentaient les compositions suivantes :

	MOKTA EL HADID.		MÉBOUDJA.			RIA.		
	HÉMATITE BRUNE.	MAGNÉTITE.	HÉMATITE ROUGE.	HÉMATITE BRUNE.	MAGNÉTITE.	HÉMATITE ROUGE.	HÉMATITE BRUNE.	SIDÉROSE GRILLÉE.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Protoxyde de fer.	//	23.80	//	//	24.20	//	//	//
Peroxyde de fer.	85.00	52.80	86.00	74.57	53.50	80.00	74.30	80.00
Oxyde rouge de manganèse	1.80	2.46	1.50	2.08	2.20	4.45	5.25	4.80
Silice	3.00	7.00	3.00	6.80	8.00	8.50	10.00	8.50
Alumine	1.20	1.30	1.50	1.70	1.40	1.80	2.50	2.00
Chaux	1.50	3.00	2.00	traces.	1.00	//	//	//
Magnésie	0.20	0.80	traces.	traces.	0.20	//	//	//
Phosphore	0.008	0.017	0.010	0.020	0.015	0.015	0.015	0.015
Soufre	0.080	0.100	0.010	0.030	0.020	0.060	0.120	0.150
Cuivre	0.018	0.020	traces.	traces.	traces.	//	//	//
Arsenic	0.025	0.025	traces.	traces.	traces.	traces.	traces.	traces.
Fer	59.50	55.50	61.00	52.20	56.25	56.00	52.00	56.00
Manganèse	1.35	1.8	1.10	1.50	1.60	3.20	3.80	3.50

Pour obtenir des fontes ordinaires, on emploie une certaine proportion de scories de forges.

Les fontes sont classées en fontes ordinaires, tenant en moyenne 0.60 p. 100 de phosphore, fontes mi-fines tenant 0,16 p. 100 de ce corps, et fontes fines, en contenant seulement 0.06 à 0.07 p. 100. Chacune de ces catégories se subdivise suivant la teneur en silicium et en manganèse.

Les chiffres ci-dessous donnent le détail de la classification :

FONTES ORDINAIRES.

CASSURE.	PUDDLAGE POUR ACIER.		PUDDLAGE POUR FER À GRAIN.	
	N° 2. — GRIS FONCÉ.	N° 3. — GRIS CLAIR.	N° 5. — EN PARTIE TRUITÉE et EN PARTIE BLANCHE rayonnée.	N° 6. — BLANCHE un peu lamelleuse.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Silicium	1.20	0.90	0.80	0.60
Manganèse	1.50	1.20	1.00	0.80
Phosphore	0.60	0.60	0.60	0.60
Soufre	0.03	0.06	0.09	0.15

FONTES MI-FINES.

CASSURE.	PUDDLAGE.			AFFINAGE SUR SOLE BASIQUE.		
	N° 3. — GRIS FONCÉ.	N° 5. — GRIS TRÈS CLAIR.	N° 6. — TRUITÉE BLANCHE.	N° 5. — TRUITÉE GRISE.	N° 6. — PARTIE TRUITÉE PARTIE BLANCHE rayonnée.	N° 8. — BLANCHE LAMELLEUSE.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Silicium	1.20	1.00	0.80	0.80	0.70	0.60
Manganèse	1.60	1.40	1.20	2.50	2.50	2.50
Phosphore	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Soufre	0.06	0.08	0.10	0.04	0.05	0.06

FONTES DE MOULAGE.

CASSURE.	N° 1. — GRIS NOIR LIMAILLEUSE.	N° 2. — GRIS FONCÉ GRAIN SERRÉ.	N° 3. — GRIS FONCÉ GRAIN TRÈS SERRÉ.	N° 4. — GRIS CLAIR GRAIN MÉLANGÉ.
	p. 100	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Silicium	1.60	1.25	1.00	0.85
Manganèse	1.50	1.50	1.30	1.00
Phosphore	0.15	0.15	0.15	0.15

FONTES FINES.

CASSURE.	POUR ACIÉRIE.			POUR PUDDLAGE.					
	N° 2. — GRIS NOIR à PARTIES limaillesuses.	N° 3. — GRISE avec GRAIN SERRÉ.	N° 5. — GRISE à la SURFACE, truitée ou rayonnée au centre.	N° 3. — GRISE, GRAIN assez gros au centre.	N° 5. — GRISE à la SURFACE, truitée grise au centre.	N° 6. — RAYONNÉE à la SURFACE, truitée au centre.	N° 6 *bis*. — RAYONNÉE avec quelques MOUCHES grises.	N° 8. — CRISTALLISÉE — (BLANCHE rayonnée.)	N° 8 *bis*. — BLANCHE GRENUE avec parties un peu lamelleuses.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Silicium.....	1.50	1.30	1.00	1.10	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50
Manganèse.....	2.00	1.80	1.80	1.80	1.60	1.50	1.40	1.40	1.20
Soufre.....	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Phosphore.....	0.015	0.025	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	0.08	0.10

Lorsqu'on veut obtenir des fontes d'une pureté exceptionnelle, on traite au cubilot Rollet des fontes blanches; la composition de ces fontes, ainsi que celle des variétés diverses de métal obtenues par ce traitement, est donnée ci-dessous :

CASSURE.	FONTE INITIALE (fine n° 8). — BLANCHE, caverneuse.	FONTE DÉPHOSPHORÉE. — BLANCHE, un peu rayonnée.	FONTES DÉSULFURÉES			
			TRUITÉE GRISE pour aciérie. — PARTIE GRISE, partie rayonnée.	RUBANÉE pour aciérie. — FOND BLANC, veines grises.	BLANCHE pour puddlage. — RAYONNÉE.	POUR AFFINAGE au charbon de bois. — GRISE avec mouches rayonnées.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Silicium.....	0.40	0.05	0.80	0.70	0.60	1.20
Manganèse.....	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	2.20
Phosphore.....	0.07	0.02	0.012	0.012	0.015	0.15
Soufre.....	0.15	0.15	0.002	0.002	0.005	0.03

France. **Région du Midi.** — Il existe encore dans le Midi de la France, comme dans le Centre, quelques hauts fourneaux en activité, mais leurs conditions de fonctionnement sont trop diverses pour qu'on puisse les considérer comme constituant, dans le sens véritable du mot, un district sidérurgique, tel que celui de Meurthe-et-Moselle, par exemple.

Usine de Fumel. — Le haut fourneau de Fumel (Lot-et-Garonne), appartenant à la Société métallurgique du Périgord, emploie du coke de Carmaux pour fondre des minerais locaux, tenant 42 à 50 p. 100 de fer avec 18 à 25 p. 100 de silice; les con-

sommations sont de 1,000 à 1,200 kilogrammes de castine et de 1,350 kilogrammes de coke par tonne de fonte. Celle-ci tient seulement 0.05 à 0.08 p. 100 de soufre et 0.10 à 0.15 p. 100 de phosphore. La production est de 20,000 à 25,000 tonnes par an.

Usine de Decazeville. — Les deux hauts fourneaux de Decazeville (Aveyron) ont une capacité de 225 mètres cubes ; ils sont munis chacun de quatre Cowper de 20 mètres de haut, avec 5 m. 80 de diamètre, chauffant le vent à 750 degrés environ, et soufflés à 0 m. 11 de mercure seulement. Ils produisent par vingt-quatre heures 55 tonnes de fonte chacun en traitant un mélange de minerai oolithique de Mondalazac, pauvre et calcaire, de minerai houiller, relativement riche, mais phosphoreux, et de minerai siliceux et manganésifère du Kaymar. La consommation du coke, de qualité très médiocre, il est vrai, est d'environ 1,400 kilogrammes par tonne de fonte.

Usine du Saut-du-Tarn. — Le haut fourneau de l'usine du Saut-du-Tarn fond, avec du coke de Carmaux, des minerais purs, manganésifères, tenant environ 50 p. 100 de fer, exploités par la Société dans sa concession d'Alban-Frayssé (Tarn), avec quelques additions de minerais achetés. Elle emploie les fontes ainsi produites à l'alimentation de son aciérie.

Société métallurgique de l'Ariège. — Les hauts fourneaux de Berdoulet et de Tarascon (Ariège), appartenant à la Société métallurgique de l'Ariège, sont alimentés par les minerais manganésifères (hématites brunes ou sidéroses) de Rancié et par les minerais oxydulés de Puymorens. Le combustible consommé est du coke provenant de Carmaux, Campagnac, Graissessac et Bessèges.

Le lit de fusion moyen du fourneau de Tarascon, en 1896, a été le suivant, par tonne de fonte (le vent étant chauffé à 700 degrés) :

	kilogr.		kilogr.
Minerai de Rancié	741	Castine	466
Minerai de Puymorens	958	Coke	797
Scories de foyers catalans	191		

Les fontes produites à Berdoulet, près de Foix, avec des lits de fusion plus riches en manganèse, prennent déjà le caractère de spiegels, ainsi qu'il résulte des analyses ci-dessous :

	TARASCON. — p. 100.	BERDOULET. — p. 100.
Silicium	0.60	0.60
Manganèse	2–2.5	4–6
Soufre	0.03	0.01
Phosphore	0.03–0.09	0.06–0.07

Lorsqu'on veut fabriquer des fontes destinées au puddlage pour acier, on relève la teneur en silicium à 1.2 p. 100.

La production journalière est de 50 à 55 tonnes à Berdoulet, de 60 à 65 tonnes à Tarascon; on devait mettre en feu, dans cette dernière usine, vers la fin de 1900, un grand haut fourneau pouvant produire 120 tonnes par jour.

Compagnie des forges d'Alais. — La Compagnie des forges d'Alais produit une quantité importante de fonte dans ses deux usines de Bessèges et de Tamaris.

Le type de hauts fourneaux adoptés actuellement par cette Société est le type sans revêtement extérieur, avec plate-forme de gueulard supportée par quatre pylônes métalliques. Le creuset et les étalages sont complètement revêtus de tôle et leur paroi extérieure est suffisamment arrosée d'eau. Dans ces conditions les percées de fonte sont très rares.

Le nombre de ces appareils est de 3 à Bessèges, dont 2 en activité, et de 6 à Tamaris, dont 3 en fonctionnement en 1900.

Les dispositions générales de ces hauts fourneaux ne présentent aucun élément particulièrement intéressant. Nous devons cependant signaler l'installation à Bessèges, dès 1892, d'une puissante machine soufflante construite par les usines du Creusot. Cette machine est horizontale, à 2 cylindres à vapeur indépendants, à détente Corliss, actionnant directement deux cylindres soufflants et accouplés sur un même arbre. Chaque cylindre à vapeur est muni d'une condensation complète et indépendante, avec disposition permettant l'échappement direct à l'air libre. Les cylindres à vent sont pourvus de clapets Corliss. Les diamètres des pistons sont de 0 m. 85 pour les cylindres à vapeur, de 1 m. 700 pour les cylindres à vent; leur course commune est de 1 m. 60. A la vitesse normale de 40 tours par minute, le débit théorique est de 600 mètres cubes, mais on peut facilement obtenir une vitesse plus grande. La pression normale de soufflage est de 30 centimètres de mercure.

Les minerais qui alimentent les hauts fourneaux de Bessèges et de Tamaris sont de provenances et de compositions très diverses, ainsi qu'on peut s'en faire une idée par le tableau ci-dessous :

		Fe.	Mn.	SiO^2.	CaO.	MgO.	BaO.	Al^2O^3.	S.	P.
	MINERAIS LOCAUX.									
Minerais	du Mas-Dieu (calcaire)....	45.0	0.10	12	5.0	0.40	0.50	3.0	0 30	0.03
	de Trépeloup (calcaire)...	44.0	0.20	14	3.0	0.60	//	3.0	0.20	0.03
	de Saint-Julien-de-Valgalgues.....	47.0	//	15	//	//	//	3.0	0.30	0.15
	du Vallat-Pellet.....	46.0	0,10	16	1.0	0.20	//	2.0	0.30	0,035
	de Saint-Paul-Lacoste.....	49.0	//	8	5.0	0.30	//	2.0	0.20	0.035
	de Saint-Martin-de-Valgalgues.....	47.0	//	12	3.0	//	//	3.0	0.15	0.04
	de la Valmy (spathique)...	42.0	3.60	10	3.5	//	//	2.0	0.60	0.015

	Fe.	Mn.	SiO^2.	CaO.	MgO.	BaO.	Al^2O^3.	S.	P.
MINERAIS DIVERS.									
Minerais de Ganges (Hérault)	49.0	//	6	7.00	//	//	2.0	0.40	0.035
Minerais de Beau-Soleil (Var)	55.0	//	6	0.30	//	//	//	0.50	0.08
Minerais de Montmirat (Lozère)	42.0	7.0	17	1.00	//	2.00	//	//	//
Minerais du Canigou (Escaro, Filhols, etc.)	51.0	3.5	8	3.00	0.03	//	0.8	0.20	0.02
Minerais d'Aguilas (Espagne)	53.0	2.0	5	8.00	0.05	//	1.0	0.20	0.02
Pyrites grillées de Salindres (Gard)	62.0	//	4	//	//	//	//	//	//
MINERAIS DE MANGANÈSE.									
Minerais de Saint-Girons (Ariège) grillé	3.5	38.0	7	18.00	3,6	//	2.0	//	0.035
Minerais de Saint-Girons carbonaté brun	5.0	37.0	9	6.00	//	//	//	//	0.035
Minerais de Darkvéti (Caucase)	2.0	52.0	10	1.00	//	//	1.0	//	0.15
CASTINE.									
Castine de Saint-Martin-de-Valgalgues (Gard)	1.0	//	3	52.00	//	//	//	//	0.035

Les fontes obtenues présentent les compositions suivantes :

	CARBONE.	SILICIUM.	MANGANÈSE.	SOUFRE.	PHOSPHORE.
BESSÈGES.					
Fonte Bessemer	3.25	1.30	2.50	0.05	0.055
Fonte de moulage	3.60	3.40	0.90	//	0.08
Fonte pour affinage sur sole	3.20	0.80	2.80	0.03	0.12
TAMARIS.					
Fonte de moulage. N° 1	3.60	3.0–3.2	1.10	0.01	0.11
Fonte de moulage. N° 2	3.50	2.5–3.0	1.05	0.01	0.11
Fonte de moulage. N° 3	3.20	2.3–2.8	1.00	0.01	0.11
Fonte de moulage. N° 4	3.10	2.2–2.5	1.00	0.01	0.11
Fonte de moulage. N° 5	3.00	1.9–2.3	1.00	0.02	0.11
Fonte d'affinage. ordinaire grise	//	1.30	1.30	0.05	0.15
Fonte d'affinage. truitée grise	//	1.20	1.20	0.06	0.15
Fonte d'affinage. truitée blanche	//	1.00	1.20	0.08	0.15
Fonte d'affinage. blanche	//	0.80	1.20	0.10	0.15
Fontes d'affinage mi-fine A.S. spéculaires	//	0.70	3.00	0.02	0.09
Fontes d'affinage mi-fine A.S. blanches	//	0.60	2.80	0.03	0.09
Fontes d'affinage fines grises	//	1.40	3.00	0.03	0.05
Fontes d'affinage fines blanches	//	1.00	2.80	0.04	0.05
Fontes spiegel à 12 p. 100	//	0.40	12.00	0.01	0.09
Fontes spiegel à 25 p. 100	//	0.70	25.00	0.01	0.09

L'usine de Tamaris a fait quelques essais de production de ferro-manganèse; pour des raisons d'ordre économique, elle a renoncé à poursuivre cette fabrication.

France. **Fabrication des fontes spéciales.** — Certaines grandes usines, telles que Trignac et le Boucau, ont produit ou produisent encore, de temps à autre, des ferro-manganèses ou des ferrochromes; mais la seule usine française qui s'adonne régulièrement à la fabrication des fontes spéciales est celle de Saint-Louis, appartenant à la Société anonyme de l'éclairage au gaz et des hauts fourneaux et fonderies de Marseille et des mines de Portes et Senéchas. Cette usine est située dans la banlieue de Marseille, à 4 kilomètres environ des ports de cette ville, entre la grande ligne de Paris à Marseille et la ligne de l'Estaque à la gare maritime.

L'usine comprend deux hauts fourneaux adossés à une colline dont le plateau supérieur porte les parcs à minerais et à coke, les chaudières, les souffleries et les halles de chargement, tandis qu'au niveau inférieur se trouvent les halles de coulée, les appareils de chauffage du vent et le parc à fontes.

Les hauts fourneaux sont du type Buttgenbach, avec fermeture Parry; ils ont 18 mètres de hauteur avec 2 mètres de diamètre aux tuyères, 5 au ventre et 4 environ au gueulard. Ils sont desservis par six appareils de chauffage du vent, de 6 m. 80 de diamètre; quatre de ces appareils sont du type Whitwell primitif, à circuit unique, et ont 8 mètres de haut; les deux plus récents, de 14 mètres de haut, sont du type Guyenet-de Mocomble, qui a été décrit plus haut. Ils sont munis d'un appareil de raclage mû par un treuil électrique et permettant d'effectuer un nettoyage complet en deux jours.

La pression normale du vent est de 0 m. 18 de mercure; elle permet d'assurer une marche régulière avec des minerais moyennement pulvérulents.

L'objet primordial de la fondation des hauts fourneaux de Saint-Louis avait été l'utilisation d'une partie du coke produit dans les usines à gaz de Marseille. Ce résultat a été obtenu, car on arrive à faire entrer dans les charges de combustible moitié au moins de coke de gaz. Mais il faut remarquer qu'on n'arrive à dépasser ce chiffre que dans la fabrication des fontes spéciales et cela parce qu'elle comporte des charges de minerai relativement faibles, ne donnant pas lieu, par suite, à un écrasement de coke aussi accentué, dans la région de l'ouvrage et du creuset, que la fabrication des fontes ordinaires.

En dehors du coke de gaz, l'usine de Saint-Louis consomme surtout du coke du bassin du Gard.

Elle reçoit ses minerais par mer, de provenances fort diverses, sauf les pyrites grillées, qu'elle peut se procurer dans la région de Marseille.

L'usine de Saint-Louis produit d'une part des fontes grises de puddlage et des fontes de moulage, d'autre part des spiegels, tenant soit 10 à 12, soit 25 p. 100 environ de manganèse; des ferro-manganèses, avec une teneur de 70 ou de 80 p. 100 du même métal; des ferro-siliciums, tenant de 10 à 17 p. 100 de silicium, avec 1 à 3 p. 100 de manganèse; des silico-spiegels, tenant 10 à 14 p. 100 de silicium et 16

à 20 p. 100 de manganèse, enfin des ferro-chromes qui peuvent être obtenus facilement au haut fourneau jusqu'à la teneur de 38 p. 100 environ. Au delà de ce chiffre, l'alliage devient si peu fusible que les campagnes sont arrêtées rapidement par l'engorgement du creuset.

La production des ferro-chromes riches semble d'ailleurs rentrer de plus en plus dans le domaine de l'électro-métallurgie.

La solidification de l'alliage est également à craindre dans la production des ferro-manganèses riches; aussi convient-il, en pareille allure, de ne pas refroidir extérieurement le creuset, qui d'ailleurs tend bien plutôt à se garnir de laitiers calcaires qu'à se corroder.

L'usine de Saint-Louis a réussi à régler d'une manière très satisfaisante cette fabrication et à éviter la production, au gueulard, de températures trop élevées, dues à une consommation exagérée de combustible. Une surchauffe générale de l'allure est d'ailleurs nuisible au point de vue du rendement, car elle provoque une volatilisation intense du manganèse sans réduire notablement la perte par le laitier.

La fabrication des fontes spéciales donne lieu, en général, à des entraînements importants de poussières, de composition basique dans la fabrication du ferro-manganèse, siliceuse dans la fabrication des ferro-siliciums et des silico-spiegels. Les poussières siliceuses sont considérées comme plus nuisibles que les autres à la conservation des parois des appareils de chauffage du vent et comme donnant des scories plus corrosives. Pour en débarrasser les gaz, l'usine de Saint-Louis emploie exclusivement la précipitation à sec dans des conduites verticales concentriques et dans le collecteur général, dont le diamètre atteint 1 m. 50.

L'usine de Saint-Louis a conservé la tradition de régularité de fabrication et de précision dans le classement de ses produits qu'elle tenait de son éminent et regretté fondateur, M. S. Jordan. C'est ce qui lui a permis de conserver ses débouchés, malgré l'âpreté de la concurrence étrangère.

Elle se trouvait placée hors concours par la présence d'un de ses administrateurs dans le jury de la classe 63.

Belgique. *Usine d'Ougrée.* — La Société anonyme d'Ougrée exposait un dessin de son haut fourneau n° 4, qui devait être mis en feu vers le milieu de l'année 1900.

Cet appareil, étudié en vue de produire de 125 à 150 tonnes de fonte par jour, présente une capacité intérieure de 400 mètres cubes. Haut de 24 m. 50, il a un diamètre de 2 m. 90 au creuset, 6 mètres au ventre et 4 mètres au gueulard. La profondeur du creuset est de 2 mètres; l'évasement des étalages commence à 0 m. 50 au-dessus des tuyères. Les étalages et la cuve sont de simples troncs de cône ayant respectivement 4 mètres et 16 mètres de hauteur.

La sole se trouve à 4 m. 50 de hauteur au-dessus du sol d'usine.

Elle est formée d'une assise de briques réfractaires de 0 m. 60 de hauteur, à joints tronconiques, dont les sommets sont placés sur l'axe du fourneau. Cette assise repose

sur deux autres, en poudingue, épaisses de 0 m. 90 en tout, posées elles-mêmes sur 1 m. 50 de maçonnerie réfractaire. Au-dessous se trouve une maçonnerie de briques rouges, descendant à 2 mètres au-dessous du sol d'usine et reposant sur 0 m. 50 de béton.

Les parois latérales du creuset ont 0 m. 90 d'épaisseur. La maçonnerie des étalages va en s'amincissant progressivement jusqu'au ventre, où elle se termine en biseau tronqué. Tout à fait indépendante de celle de la cuve, elle est soutenue vers sa base par des consoles se détachant, vers l'intérieur, des huit colonnes de fonte supportant celle-ci. Ces consoles se trouvent placées à la même hauteur que celles portant la conduite circulaire de vent.

La maçonnerie de la cuve a 0 m. 90 d'épaisseur au niveau du ventre; elle est supportée par une marâtre formée d'un double rang de poutrelles.

La plate-forme du gueulard est supportée par quatre grands pylônes en treillis, reliés les uns aux autres par des poutres horizontales qui supportent des planchers en tôle striée. Ces planchers, reliés par des escaliers, donnent le moyen de surveiller toute la paroi extérieure de la cuve et d'y effectuer rapidement les réparations nécessaires.

L'élément le plus caractéristique du fourneau d'Ougrée est l'emploi d'un appareil de chargement automatique présentant certaines analogies avec celui de la Brown hoisting and conveying machine Company, de Cleveland (Ohio). Cet appareil se compose de deux parties superposées; à la partie inférieure, une trémie avec cylindre central, fonctionnant par soulèvement, comme dans le système Langen; à la partie supérieure, un entonnoir roulant sur une couronne de galets, concentrique avec l'axe du fourneau, mais se terminant en bas par un conduit excentré, dont l'orifice se trouve au-dessus de la zone la plus profonde de la trémie inférieure.

L'intervalle entre les deux trémies forme normalement une capacité fermée, car l'orifice inférieur de l'entonnoir supérieur est obturé par un clapet en dehors des périodes d'introduction de la charge. La fermeture de ce clapet empêche les fuites de gaz au moment du l'abaissement inférieur du cylindre, soulèvement effectué au moyen d'un balancier et d'un piston hydraulique.

L'alimentation automatique de l'entonnoir supérieur se fait au moyen d'un plan incliné à double voie, commandé par un treuil électrique au niveau du sol d'usine et établi sur une poutre métallique, de part et d'autre d'une échelle servant à assurer la surveillance en arrivant en haut du plan incliné. La benne se déverse automatiquement dans la trémie par l'effet du soulèvement d'une double saillie que portent ses parois, vers l'arrière. A la partie inférieure du plan, la benne est chargée par déversement, à son intérieur, du contenu d'un wagonnet qui va lui-même se charger sous des caisses prismatiques en tôle. Ces caisses forment sept rangées, de quatre chacune, dont l'une est ordinairement affectée au travail courant de jour, tandis que les six autres servent de réserve pour la période de nuit. Leur remplissage, effectué de jour, permet de supprimer tout travail de nuit pour les rouleurs. Il convient seulement de ne pas les remplir

complètement, de manière à pouvoir ajouter au lit de fusion, vers la fin de la journée, une certaine quantité de castine si l'allure du fourneau l'exige.

Le remplissage de ces caisses en tôle se fait au moyen de wagonnets circulant au niveau du sol d'usine, tandis que ceux desservant la benne du plan incliné circulent 4 mètres plus bas. Ces wagonnets vont prendre le minerai à des trémies placées autour du fourneau, qui sont elles-mêmes alimentées par de grands wagons relevés, au moyen d'une rampe, au-dessus du niveau de leur bord supérieur.

Les minerais sont amenés, autant que possible, sans transbordement aux réservoirs. Néanmoins, quand ils arrivent par bateaux ou quand il faut les mettre en stock, on est obligé de leur faire subir des manipulations. Pour effectuer celles-ci mécaniquement, on a monté une grue Brown, dont les bras ont 54 mètres de portée; elle drague, au moyen d'une benne à bord dentelé, le minerai accumulé en tas, et le déverse ensuite en wagons. La charge enlevée ainsi est de 5 tonnes.

Cette dernière partie de l'installation rappelle les dispositions de l'usine de Duquesne (Pensylvanie) qui sera mentionnée plus loin.

Le fourneau n° 4 d'Ougrée est desservi par quatre appareils Cowper, de 28 mètres de haut et de 8 mètres de diamètre, à empilages rectangulaires, de section variable dans une même tranche horizontale, suivant le système Bœcker.

Espagne. — Le principal centre de production de la fonte en Espagne est celui de Bilbao, traitant les minerais de Sommorostro avec du coke de provenance anglaise; il n'était pas représenté à l'Exposition.

Société de Miérès. — L'industrie de la région asturienne l'était, au contraire, par les hauts fourneaux de Quiros et de Miérès, appartenant à la Société anonyme Fabrica de Miérès. Cette Société est en même temps un des plus importants producteurs de houille de la région, puisqu'elle en a extrait 285,521 tonnes en 1899. Elle pratique la carbonisation dans des fours du système Carvès et obtient ainsi le coke nécessaire pour l'alimentation de ses hauts fourneaux. Ce coke, obtenu avec des charbons lavés, contient en moyenne 8 p. 100 de cendres présentant la composition suivante :

	p. 100.		p. 100.
Silice	43.90	Acide sulfurique	0.68
Alumine	33.13	Acide phosphorique	traces.
Chaux	5.80	Perte par calcination	0.34
Oxyde de fer	15.29	Total	100.00
Magnésie	0.86		

Les minerais qu'exploite la Société sont d'origine dévonienne; ils proviennent en partie de Naranco et Villapéri, à 8 kilomètres de la station d'Oviedo, en partie de Quiros. Les premiers minerais sont exceptionnellement siliceux et assez pauvres en fer;

les autres, beaucoup plus riches en fer, ont une teneur en silice encore assez élevée, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par les chiffres ci-dessous :

	QUIROS.	NARANCO.	VILLAPÉRI.	SAN PEDRO.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Sesquioxyde de fer	79.54	48.00	50.80	75.88
Silice	14.00	41.00	32.98	4.88
Alumine	1.60	5.00	6.00	1.68
Carbonate de chaux	0.62	//	0.88	10.80
Manganèse	0.80	//	0.20	//
Soufre	0.20	0.08	//	//
Phosphore	0.48	0.66	0.50	//
Perte par calcination, etc.	8.64	5.26	8.64	6.76
Totaux	100.00	100.00	100.00	100.00

La Société de Miérès fabrique des fontes de tous les numéros, mais c'est le n° 3 d'affinage qui est le produit le plus courant. C'est une fonte contenant une proportion de silicium relativement élevée pour l'usage auquel elle est destinée, autant qu'on peut en juger d'après la composition indiquée ci-dessous :

Carbone combiné	1.700	Fer	92.780
Graphite	1.580	Pertes	0.109
Silicium	2.645	Total	100.00
Phosphore	1.097		
Soufre	0.089		

Le laitier correspondant contient :

Silice	43.200	Magnésie, oxyde de manganèse, etc.	2.258
Alumine	13.050	Total	100.00
Chaux	38.513		
Sulfure de calcium	2.038		
Protoxyde de fer	0.941		

Ce laitier est en partie granulé et utilisé ensuite comme sable pouzzolanique dans les constructions.

La production annuelle est de 30,000 à 35,000 tonnes de fonte, destinée en partie au puddlage, en partie à l'affinage sur sole, dans les usines de la Société.

États-Unis. — La production colossale de la fonte aux États-Unis se répartit entre dix-huit États distincts, mais 84 p. 100 du total sont fournis par quatre États seulement. C'étaient, par ordre d'importance, en 1899, la Pensylvanie, avec 6,558,000 tonnes; l'Ohio, avec 2,378,000 tonnes; l'Illinois, avec 1,442,000 tonnes, et l'Alabama, avec

1,084,000 tonnes. La production de la fonte dans ce dernier État s'effectue dans des conditions exceptionnellement avantageuses à cause du peu de distance existant entre les gisements qui fournissent le minerai, d'une part, le combustible, d'autre part, mais la fonte obtenue est phosphoreuse et, par suite, peu appréciée par les usines de transformation. Les procédés d'affinage, avec revêtement siliceux, continuent, en effet, à prédominer aux États-Unis et leur usage nécessite l'emploi de fontes sensiblement exemptes de phosphore.

Les trois autres districts sidérurgiques des États-Unis sont obligés d'aller chercher à de grandes distances les quantités énormes de minerais purs qu'ils consomment. C'est toujours la région du lac Supérieur qui constitue leur principal centre d'approvisionnement. Les importations de minerai de l'étranger n'interviennent qu'à titre secondaire; elles n'ont pas dépassé 675,000 tonnes en 1899. Elles proviennent principalement de Cuba, accessoirement d'Espagne, de l'île d'Elbe, d'Algérie et de Terre-Neuve.

Les installations de hauts fourneaux, faites récemment dans l'Est des États-Unis, sont d'une puissance de production bien connue, mais leurs traits caractéristiques étaient assez difficiles à discerner pour un visiteur de l'Exposition. Deux usines seulement de cette région, l'Illinois Steel Company, à Chicago (Illinois), et la Carnegie Steel Company, à Pittsburg (Pensylvanie), avaient exposé des documents concernant leur production de fonte, l'une un modèle de ses hauts fourneaux de South Chicago, l'autre les dessins de ses hauts fourneaux de Duquesne.

Le modèle de l'Illinois Steel Company n'était accompagné d'aucune explication permettant d'en tirer un enseignement utile; nous nous bornerons donc à résumer ici les conditions d'installation et de fonctionnement des hauts fourneaux de la deuxième usine.

Usine de Duquesne. — Ces hauts fourneaux, installés récemment par la Carnegie Steel Company, présentent un double intérêt. D'une part, leur puissance journalière de production dépasse de beaucoup celle de tous les hauts fourneaux existant antérieurement, puisqu'elle atteint 500 tonnes par vingt-quatre heures; d'autre part, leur mode de chargement est complètement mécanique.

La puissance de production que l'on voulait obtenir a motivé l'adoption de dimensions relativement considérables (30 m. 50 de hauteur et 708 mètres cubes de capacité), l'augmentation du nombre des tuyères (10 tuyères de 0 m. 18 de diamètre pour les uns, 20 tuyères de 0 m. 12 pour les autres), le soufflage sous une pression normale de 0 m. 775 de mercure, pouvant être portée à 1 m. 288, enfin le chauffage de vent aux environs de 1,000 degrés, au moyen de quatre appareils Kennedy-Cowper par haut fourneau. Mais il n'y avait là aucune innovation essentielle, tandis que les dispositions de chargement sont nouvelles et caractéristiques.

Le gueulard est muni d'une double fermeture, d'abord le *cup and cone* ordinaire, manœuvré par un double balancier, avec cylindre à vapeur, puis par un deuxième appareil analogue, beaucoup plus petit, placé à une certaine hauteur au-dessus du premier et ayant le même axe. Les deux trémies sont reliées par une paroi en tôle, formant sas

IMPRIMERIE NATIONALE.

étanche entre les deux cônes mobiles; des clapets sont installés sur cette paroi pour éviter qu'elle ne soit déchirée en cas d'explosion. Le cône supérieur est équilibré au moyen d'un balancier et d'un contrepoids, de manière à s'abaisser sous l'action d'une surcharge très faible.

L'alimentation s'effectue au moyen de bennes cylindriques en tôle se terminant à leur partie inférieure par une trémie tronconique et un cône dépassant par-dessous les bords de cette trémie. En haut de celle-ci se trouve un collet, formé par une cornière rivée et ayant la saillie nécessaire pour venir reposer, à un moment donné, sur les bords de la trémie supérieure du gueulard, laissant ainsi toute liberté au cône de la benne pour s'abaisser et laisser tomber par suite la charge dans la trémie inférieure. Au cours des manœuvres servant à élever la benne au gueulard, la suspension est effectuée au moyen d'une tige verticale prolongeant par en haut l'axe du cône; la fermeture se trouve donc assurée.

Le remplissage des bennes de chargement se fait au moyen d'accumulateurs en tôle, alignés sur deux rangs derrière les hauts fourneaux, et pouvant recevoir 9,500 tonnes de minerai, 3,600 tonnes de coke et 2,200 tonnes de castine. Autant que possible, on vide directement dans ces accumulateurs les wagons, à fond mobile, qui amènent les matières premières, mais, dans la plupart des cas, on ne peut éviter une mise en stock. Les manœuvres de cette nature s'effectuent au moyen de trois grands ponts roulants électriques, de 72 mètres de portée, et par l'intermédiaire d'une rangée spéciale d'accumulateurs où l'on vide les wagons pour reprendre ensuite, à leur partie inférieure, le minerai au moyen de récipients spéciaux que les ponts roulants vident sur les tas, dans une grande fosse de 8 mètres de profondeur. Les mêmes ponts roulants draguent plus tard le minerai dans ces tas pour remplir les accumulateurs, d'où on le fera ensuite glisser dans les bennes de chargement.

Une de ces bennes, une fois remplie par la manœuvre d'un plan incliné à charnières, terminant le couloir d'un accumulateur, est saisie par une traverse située au haut de sa tige centrale, au moyen d'un double crochet articulé à l'avant d'un cadre circulant sur un plan incliné à 67 degrés. Ce plan incliné vient aboutir au-dessus de la double fermeture de gueulard décrite ci-dessus; il porte quatre rails, formant une voie extérieure sur laquelle circule la paire inférieure des roues du cadre, au niveau de laquelle se trouve l'attache du câble de manœuvre, et une voie intérieure, sur laquelle roule la paire supérieure de roues.

Au sommet, cette dernière voie s'infléchit horizontalement de manière à engager les roues antérieures dans une sorte de coulisse qui peut se manœuvrer au moyen d'un balancier spécial : en abaissant la coulisse, on fait reposer d'abord la cornière inférieure de la benne sur le bord de la trémie supérieure du gueulard, puis on laisse le cône de la benne s'appuyer sur le cône correspondant, qui s'enfonce immédiatement sous l'action de cette surcharge.

Le contenu de la benne se vide dans le sas; une manœuvre inverse du balancier supérieur relève les roues antérieures du cadre du plan incliné, remet la benne en sus-

pension par l'intermédiaire de son cône inférieur et la dirige sur la descente. Lorsque l'on a introduit dans le sas la totalité d'une charge, on abaisse le cône principal sans avoir à craindre de perte de gaz, le cône supérieur se trouvant soulevé à ce moment.

Toutes les manœuvres de chargement sont faites par un machiniste placé vers le niveau de l'ouvrage du fourneau et renseigné sur leur degré d'avancement uniquement par le déplacement des curseurs placés sur sa machine. On peut se demander si, dans ces conditions, la précision des manœuvres est absolument assurée.

Il est à regretter qu'aucune donnée n'ait été fournie sur la composition des fontes obtenues à Duquesne, spécialement sur la régularité de cette composition.

Usine de Bethlehem. — Un autre grand établissement sidérurgique des États-Unis, la Bethlehem Steel Company, à Bethlehem (Pensylvanie), avait fourni, sur le fonctionnement de ses hauts fourneaux, quelques renseignements que nous résumons ci-dessous. Cette société reçoit la plus grande partie de ses minerais d'exploitations à ciel ouvert qu'elle possède à Cuba, à une trentaine de kilomètres du port de Santiago; le transport se fait par voie ferrée jusqu'à un wharf situé dans la rade de Santiago, puis par mer jusqu'à Philadelphie, à 2,130 kilomètres de distance, enfin par voie ferrée jusqu'à South Bethlehem. Le déchargement est effectué au moyen d'une grue roulante, à très longue volée; le stock peut atteindre un chiffre de 300,000 tonnes.

Les hauts fourneaux sont au nombre de cinq; leur hauteur est de 21 m. 30, leur diamètre est, à l'ouvrage, de 3 m. 05, au ventre, de 4 m. 90; leur fermeture de gueulard est du type Parry. Les machines soufflantes sont du type compound horizontal; elles fournissent du vent à une pression de 1 kilogr. 4 par centimètre carré.

Les appareils de chauffage du vent, du type Cowper-Cochrane, ont 5 m. 50 de diamètre et 18 m. 30 de haut. La production moyenne de chaque fourneau est de 140 à 170 tonnes par jour; le combustible employé est un mélange de coke et d'anthracite.

Colonies britanniques. — On aurait cherché inutilement dans l'exposition de la Grande-Bretagne la moindre indication permettant d'apprécier la production de la fonte dans ce pays. Les expositions des colonies britanniques fournissaient, au contraire, quelques renseignements sur cette branche de leur sidérurgie naissante.

Inde. *Usine de Barrakar.* — Dans le bâtiment spécial de l'Inde anglaise on voyait des échantillons de fonte brute, de tuyaux et d'autres moulages en fonte exposés par la Bengal Iron and Steel Company Limited, qui est d'ailleurs l'unique producteur de fonte de ce pays. La Société possède à Barrakar des hauts fourneaux qui ont produit 19,719 tonnes de fonte en 1898. Ces hauts fourneaux sont alimentés principalement au moyen de limonites phosphoreuses, exploitées sur place, avec quelques additions de magnétites ou d'hématites, riches et peu phosphoreuses, mais plus coûteuses à cause des frais de transport qu'elles ont à supporter.

Les analyses ci-dessous indiquent la composition de ces minerais :

	LIMONITE LOCALE.	MAGNÉTITE de KUSTORE.	HÉMATITE DE MANHARPUR.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Sesquioxyde de fer	67.86	72.14	89.28
Protoxyde de fer	//	15.43	//
Silice	10.50	9.00	6.00
Alumine	5.00	2.13	//
Protoxyde de manganèse	1.50	0.37	//
Chaux	1.50	0.80	//
Magnésie	0.70	traces.	//
Acide sulfurique	0.11	//	//
Acide phosphorique	1.33	0.13	0.22
Perte par calcination	9.50	//	4.45
Eau hygrométrique	2.00	//	//
TOTAUX	100.00	100.00	99.95
Fer métallique	47.50	62.50	62.50

Les castines employées sont assez impures, parfois dolomitiques, comme le montrent les analyses suivantes :

	SUTNA.	KATNI.	SYLIAN.	PANCHET.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Silice	5.00	3.50	9.00	9.40
Alumine et oxyde de fer	3.50	1.10	2.10	6.00
Chaux	51.00	52.50	48.50	36.50
Magnésie	1.20	1.10	1.40	10.50
Perte par calcination	41.50	41.80	39.00	37.60
TOTAUX	102.20	100.00	100.00	100.00

Les fontes ordinaires sont produites exclusivement avec les limonites locales; elles sont très phosphoreuses. Pour obtenir la fonte dite spéciale, on emploie une certaine proportion de minerai de Kustore, mais les chiffres ci-dessous montrent que la teneur en phosphore est encore élevée dans le produit ainsi obtenu.

	FONTES DE MOULAGE ORDINAIRES.				FONTE SPÉCIALE.
	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Carbone combiné	0.10	0.18	0.58	0.70	0.08
Graphite	3.14	3.00	2.66	2.55	2.98
Silicium	3.00	2.50	2.00	1.60	2.75
Manganèse	2.40	2.25	2.10	1.80	1.50
Soufre	trace.	0.01	0.026	0.03	0.02
Phosphore	1.49	1.55	1.59	1.50	1.15

Canada. — La fabrication de la fonte au Canada était représentée par deux exposants, la Canada Iron Furnace Company, produisant, au charbon de bois, des fontes employées spécialement à la confection de moulages trempés, et la Nova Scotia Steel Company, qui travaille au coke. Nous avons déjà donné quelques indications sur la première société dans notre exposé général et nous nous bornerons à résumer les conditions de production de la deuxième.

Usine de Ferrona. — Le haut fourneau de la Nova Scotia Steel Company, à Ferrona (Nouvelle-Écosse), a une hauteur de 20 mètres; il est muni de trois appareils de chauffage du vent, du type Massicks et Crooke, de 5 mètres de diamètre et de 18 mètres de hauteur. Les machines soufflantes sont au nombre de deux; leurs cylindres à vent ont 2 m. 13 de diamètre.

Les minerais consommés ont les compositions suivantes :

	HÉMATITE		LIMONITE D'EAST RIVER (PICTOU COUNTY)	
	DE TORBROOK (Annapolis County.)	DE WABANA (Terre-Neuve.)	EN MORCEAUX.	OBTENUE PAR LAVAGE.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Sesquioxyde de fer	77.60	77.67	76.30	73.23
Bioxyde de manganèse	0.38	0.08	1.98	0.54
Silice	13.00	11.57	8.18	11.25
Alumine	4.28	4.55	2.10	1.49
Chaux	1.90	1.81	0.31	0.39
Magnésie	0.35	0.44	0.21	0.16
Acide titanique	traces.	0.25	//	//
Soufre	0.04	0.03	0.06	0.084
Phosphore	1.25	0.71	0.02	0.032
Perte par calcination	//	2.08	10.50	12.40
Eau hygrométrique	//	0.66	//	//
Totaux	98.80	98.85	99.66	99.52
Fer métallique	54.32	54.37	53.41	51.26

Les fontes obtenues sont en général moyennement phosphoreuses, ainsi qu'il ressort des analyses ci-dessous :

	FONTES DE MOULAGE.				FONTE	
	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	pour AFFINAGE sur SOLE BASIQUE.	HÉMATITE.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Carbone combiné	0.16	0.30	0.60	0.90	0.63	0.76
Graphite	3.70	3.20	2.50	2.00	3.27	3.12
Silicium	2.85	2.50	2.10	1.75	0.40	1.00
Manganèse	0.54	0.55	0.60	0.65	0.75	0.95
Soufre	0 01	0.012	0.02	0.03	0.03	0.03
Phosphore	0.90	0.90	0.91	0.92	1.00	0.08

Les fontes de la dernière catégorie sont transformées dans les usines de la Société, à Trenton et à New-Glasgow.

Hongrie. — On a vu que l'industrie sidérurgique est très disséminée en Hongrie et que la fonte est produite le plus souvent en des points assez éloignés des usines de transformation. Les hauts fourneaux, au charbon ou au coke, sont généralement de construction assez ancienne ; il y en a fort peu qui appartiennent à des types perfectionnés et méritent une mention spéciale.

Usine de Krompach. — Parmi ces derniers, on peut citer les hauts fourneaux de Krompach. Ces hauts fourneaux ont 19 m. 50 de hauteur, de la sole du creuset à la plate-forme du gueulard, 2 mètres de diamètre à la sole, 2 m. 65 aux tuyères, 6 m. 23 au ventre et 3 m. 80 au gueulard ; leur volume est de 250 mètres cubes.

Le vent est fourni à chacun d'eux par une machine compound à condensation, avec cylindres à vapeur de 0 m. 900 et de 1 m. 380 de diamètre, cylindres à vent de 1 m. 950 de diamètre et course commune de 1 m. 400; à 45 tours, le débit de vent est de 700 mètres cubes par minute. Le soufflage s'effectue par 6 tuyères, faisant une saillie de 0 m. 25 environ à l'intérieur de l'ouvrage; une tuyère Lürmann assure l'écoulement des laitiers.

Le creuset est posé sur un socle de 2 m. 50 de hauteur, de même diamètre extérieur et complètement dégagé ; autour de ce socle, des plaques de fonte inclinées assurent l'écoulement de l'eau d'arrosage.

Les étalages renferment, à cinq niveaux différents, des bâches à eau intercalées dans la maçonnerie; ils sont indépendants de la cuve. Celle-ci est supportée par une triple rangée de poutrelles en fer formant marâtre et appuyée sur les saillies latérales de sept cadres en fonte, prolongés eux-mêmes dans le sens de la hauteur par des pylônes qui supportent la plate-forme du gueulard. La partie principale de la cuve, haute de 10 mètres environ au-dessus des marâtres, est donc absolument indépendante : elle est raccordée avec sa partie supérieure, suspendue par des consoles aux pylônes et à la plate-forme du gueulard, au moyen d'un joint télescopique formé par un anneau intérieur en fonte. Des bâches à eau sont intercalées dans la maçonnerie à huit niveaux distincts. La fermeture du gueulard est du type Parry ; l'évacuation des gaz se fait par quatre orifices latéraux.

Une passerelle supportée par les cadres inférieurs à un niveau un peu inférieur à celui des tuyères permet de surveiller l'ouvrage ; trois autres passerelles sont installées sur la hauteur de la cuve.

Un élévateur électrique élève deux wagonnets à la fois au niveau du gueulard.

On introduit par vingt-quatre heures, 50 charges composées de 3,000 kilogrammes de coke, 6,500 kilogrammes de minerai spathique grillé et 2,000 kilogrammes de calcaire.

La production est de 130 à 140 tonnes par vingt-quatre heures ; le rende-

ment du minerai est par suite de 40 p. 100, et la consommation de coke, de 1,100 kilogrammes environ par tonne de fonte. Celle-ci est envoyée à l'aciérie à l'état liquide.

Usine de Likér. — L'usine de Likér, appartenant à la Société Rimamurány-Salgótarján, comprend trois hauts fourneaux au coke, qui sont alimentés par les minerais spathiques, plus ou moins décomposés, de Vashegy et de Rákos; les minerais spathiques inaltérés ont été préalablement calcinés sur place.

Leur composition est indiquée par les analyses suivantes, faites sur des minerais secs (les minerais bruts tiennent de 3 à 10 p. 100 d'eau hygrométrique):

	VASHEGY.						RÁKOS.	
	HÉMATITES			ANKÉRITE.	FER SPATHIQUE		HÉMATITE BRUNE.	MINERAI SPATHIQUE.
	ocreuse.	brune.	noire.		cru.	calciné.		
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Sesquioxyde de fer	66.75	66.01	58.42	//	//	68.02	80.20	//
Protoxyde de fer	//	//	//	23.31	44.51	//	//	47.34
Protoxyde de manganèse	1.10	4.01	//	1.73	8.23	//	4.02	2.71
Oxyde rouge de manganèse	//	//	20.10	//	//	11.58	//	//
Résidu insoluble (SiO^2)	18.46	16.21	5.94	9.42	14.62	11.62	7.00	19.62
Alumine	3.01	2.86	2.42	2.86	2.14	2.43	1.21	1.84
Chaux	1.46	2.10	1.34	18.23	2.46	3.01	0.82	1.56
Magnésie	0.43	0.18	0.07	9.72	0.84	0.95	//	0.12
Oxyde de cuivre (CuO)	0.006	0.056	0.004	0.014	0.05	0.07	0.021	0.051
Acide phosphorique (P^2O^5)	1.15	1.082	0.874	0.58	0.549	0.62	0.317	0.334
Soufre	0.08	0.021	0.149	0.06	0.186	0.09	0.013	0.026
Eau combinée	10.574	8.471	10.65	//	//	//	6.30	//
Acide carbonique	//	//	//	33.80	26.42	1.61	//	27.399
TOTAUX	//	//	//	//	//	//	//	//
Fer métallique	44.56	46.21	40.89	18.14	34.61	47.62	56.14	36.82
Manganèse	0.86	3.12	15.56	1.34	6.40	8.10	2.80	2.10
Cuivre	0.0048	0.044	0.0032	0.0112	0.04	0.056	0.0168	0.0408
Phosphore	0.485	0.464	0.374	0.249	0.236	0.266	0.136	0.142
Soufre	0.08	0.021	0.149	0.06	0.186	0.09	0.013	0.026

A l'opposé des minerais spathiques qui alimentent les fourneaux de Krompach, ceux de Vashegy et de Rákos sont franchement phosphoreux; les fontes qui en proviennent ne peuvent être traitées que par les méthodes d'affinage basique.

Ces minerais sont amenés à Likér par un funiculaire de 13 kilomètres de longueur et fondus dans cette usine en mélange avec une certaine proportion de minerais de Lucziabánya et de Slovinka, amenés par chemin de fer.

Ces minerais, exploités dans la vallée de la Hernad, à une assez petite distance de Krompach, sont des fers spathiques plus riches que ceux de Vashegy et de Rákos; ils ont sur ceux-ci l'avantage d'être presque exempts de phosphore, mais ils sont magnésiens et parfois assez cuivreux. On les reçoit à l'état grillé; leur composition à cet état est la suivante :

	LUCZIABÁNYA. — p. 100	SLOVINKA. — p. 100.
Sesquioxyde de fer	74.92	66.52
Oxyde rouge de manganèse	2.92	3.64
Résidu insoluble	4.43	8.30
Alumine	1.86	2.24
Chaux	0.48	2.64
Magnésie	12.47	14.82
Cuivre	0.0512	0.2976
Phosphore	0.036	0.064
Soufre	0.14	0.31
Acide carbonique	2.40	1.06
Fer métallique	52.43	46.56
Manganèse	42.24	2.54

Les trois hauts fourneaux de Likér sont du même type; ils ont 18 mètres de hauteur, 2 m. 70 de diamètre au creuset, 5 m. 40 au ventre et 4 m. 20 au gueulard; leur capacité est de 270 mètres cubes.

Ces fourneaux ont sept tuyères à vent, faisant une saillie d'environ 0 m. 20 dans l'ouvrage, et une tuyère à laitier. Leurs étalages sont revêtus d'une enveloppe métallique complète; ils sont d'ailleurs indépendants de la cuve qui est supportée par huit cadres en fonte. Une enveloppe en tôle, appliquée sur une paroi non réfractaire de faible épaisseur, supporte la plate-forme du gueulard. Celui-ci est muni d'une fermeture Langen : les charges y sont élevées par deux élévateurs pneumatiques du système Gjers.

L'ensemble du fourneau est soufflé par trois machines horizontales; ces machines sont alimentées de vapeur par onze chaudières chauffées au gaz et ayant une surface de chauffe totale de 1,518 mètres carrés.

Les machines sont du type compound, avec cylindres à vapeur de 1 m. 100 et 1 m. 650 de diamètre; leurs cylindres à vent ont 2 m. 250 de diamètre; la course des pistons est de 1 m. 700. A vingt-cinq tours, elles débitent chacune, par minute, 615 mètres cubes de vent, à une pression d'environ 0 m. 25 de mercure.

Le chauffage du vent s'effectue dans huit appareils Cowper, de 22 mètres de hauteur totale et de 6 m. 70 de diamètre extérieur, à trous de section hexagonale aplatie, représentant chacune 4,000 mètres carrés de surface de chauffe.

Les fontes obtenues présentent les compositions centésimales suivantes :

		MANGANÈSE.	SILICIUM.	CARBONE. TOTAL.	GRAPHITE.	CUIVRE.	PHOSPHORE.	SOUFRE.
		p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Fonte	Thomas	0.38	3.20	3.08	0.72	0.008	3.20	0.032
	Thomas	0.40	3.30	3.06	0.58	0.006	2.40	0.020
	Thomas	0.52	3.10	2.86	0.38	0.020	1.80	0.041
	blanche de puddlage	0.30	2.40	2.60	0.28	0.007	0.56	0 037
	blanche spéculaire	0.56	4.10	3.24	0.24	0.008	0.52	0.016
	truitée blanche	0.82	2.74	3.61	2.86	0.004	0.61	0.060
	truitée grise	0.96	3.06	3.78	3.01	0.006	0.59	0.054
	gris foncé	3.15	1.86	3.96	3.22	0.004	0.62	0.048
	spéculaire	0.76	10.80	4.82	0.38	0.003	0.32	0.009

Les analyses ci-dessous peuvent donner une idée de la composition des laitiers correspondants :

	FONTE			
	THOMAS.	BLANCHE DE PUDDLAGE.	BLANCHE SPÉCULAIRE.	GRIS FONCÉ.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Silice	34.52	37.46	37.32	37.65
Alumine	8.21	7.96	10.18	14.13
Protoxyde de manganèse	3.39	1.34	2.72	2.66
Protoxyde de fer	0.38	0.36	0.874	0.92
Chaux	44.41	47.58	4.46	37.32
Magnésie	6.06	3.21	5.62	6.20
Sulfure de calcium	1.94	0.936	0.908	1.285
Alcalis	0.24	0.213	0.16	0.28
Acide phosphorique	0.28	0.16	0.16	0.17

La production annuelle des hauts fourneaux de Likér est de 100,000 tonnes environ.

Russie. — La fabrication de la fonte au coke s'est surtout développée en Russie dans trois districts, le Centre, la Pologne et le Midi. Le premier n'était représenté à l'Exposition que par la Société de Toula; les renseignements fournis par cette Société sur la marche de ses hauts fourneaux étaient très sommaires et ne présentaient aucun intérêt technique.

Nous avons à insister davantage sur la production de la fonte dans les usines de Huta-Bankowa (Pologne), d'une part, de Droujkofka, de Yousovo et de Marioupol (région du Midi), d'autre part.

Usine de Huta-Bankowa. — L'usine de Huta-Bankowa dispose de quatre hauts fourneaux, dont un était en construction en 1900 et les trois autres en marche. Ils ont uniformément 18 mètres de hauteur et 280 mètres cubes de capacité. Leurs appareils de chargement sont du type Coingt, avec prise de gaz centrale.

Les trois premiers fourneaux ont chacun un monte-charges à vapeur, le quatrième a été muni d'un monte-charges électrique.

Chacun d'eux est soufflé par une machine de l'ancien type vertical Cockerill, sous une pression de 0 m. 20 à 0 m. 25 de mercure.

Le chauffage du vent s'effectue dans des appareils Cowper.

Les lits de fusion sont de composition assez complexe; il y entre, avec des scories diverses provenant de l'aciérie et de la forge, des limonites et des sphérosidérites à teneur médiocre, exploitées dans les environs de l'usine, et des minerais riches provenant de la région de Krivoï Rog. Malgré la haute teneur de ces derniers, tenant plus de 60 p. 100 de fer, le rendement moyen ne dépasse guère 30 p. 100. Les types principaux de fonte que l'on cherche à produire sont les suivants :

FONTES.	SILICIUM.	PHOSPHORE.	SOUFRE.	MANGANÈSE.
—	—	—	—	—
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Grises de moulage.....	2 — 3	0.1 — 0.5	0.02	—
Blanches ou truitées pour puddlage.....	0.5 — 1.0	0.5	0.03	--
Blanches pour affinage sur sole.....	0.4 — 0.6	0.8 — 1.0	0.03 — 0.05	0.7 — 1.1

C'est ce dernier type qui constitue l'élément principal de la production, s'élèvant en tout à une centaine de mille tonnes par an.

Usine de Droujkofka. — L'usine de Droujkofka, créée par la Société de Huta-Bankowa, est une usine installée récemment, sur un plan établi en prévision d'un développement considérable dans l'avenir. Les minerais y sont amenés, par un embranchement de 3 kilomètres de longueur, sur deux estacades de 10 mètres de hauteur et de 100 mètres de longueur, au-dessous desquelles se trouve une plate-forme établie à 2 m. 10 environ au-dessus du sol d'usine. Sous cette plate-forme sont ménagées, dans une direction perpendiculaire à celle des voies principales, de petites voies sur lesquelles circulent les wagonnets de chargement du haut fourneau.

Au moyen de trappes roulantes, on y fait tomber les minerais mis en stock sur la plate-forme, minerais dont on peut emmagasiner ainsi de 50,000 à 60,000 tonnes.

Les deux hauts fourneaux sont dépourvus de revêtements extérieurs; leur plate-forme supérieure est supportée par des pylônes métalliques. Leur fermeture de gueulard est du type Parry.

Chacun d'eux est desservi par une machine soufflante horizontale, du type compound; celle du fourneau n° 1 débite en moyenne 600 mètres cubes d'air par minute et peut

développer une pression de 0 m. 50 de mercure; celle du fourneau n° 2 débite de 600 à 1,000 mètres cubes, et donne normalement une pression de 0 m. 50 de mercure qui peut être portée exceptionnellement à 1 mètre.

Les chaudières, chauffées au gaz, sont au nombre de 14 et représentent ensemble 2,150 mètres carrés de surface de chauffe.

Le vent est chauffé au moyen de quatre appareils Cowper par fourneau; ces appareils ont 25 mètres de hauteur.

Ordinairement la fonte est coulée dans des poches qui la transportent liquide à l'aciérie; il existe cependant une halle destinée à permettre, en cas de nécessité, la coulée en gueuses dans des lingotières métalliques.

Les hauts fourneaux de Droujkofka peuvent produire chacun de 150 à 180 tonnes de fonte par journée de marche moyenne.

Usine de Yousovo. — La Société houillère et métallurgique de la Nouvelle-Russie, à Yousovo (bassin du Donetz), est le premier producteur de fonte de l'empire russe. Elle possède sept hauts fourneaux, dont un de petites dimensions, destiné spécialement à la fabrication du ferro-manganèse.

Les six grands fourneaux ont une hauteur de 23 mètres et un diamètre de 2 m. 70 à 3 mètres à l'ouvrage, avec une capacité de 379 mètres cubes.

La production moyenne, par fourneau, est de 200 tonnes de fonte par vingt-quatre heures; le volume intérieur par tonne produite journellement est donc de 1 m. c. 9 seulement. Le petit fourneau produit 28 tonnes de ferro-manganèse par vingt-quatre heures.

Les revêtements réfractaires sont construits aujourd'hui au moyen de briques fabriquées à l'usine; on a pu renoncer à l'emploi des briques anglaises pour la construction des parois du creuset et de l'ouvrage.

Les machines soufflantes, au nombre de 12, sont du type du Cleveland. Leurs pistons soufflants ont un diamètre de 2 m. 13 pour une course de 1 m. 37 seulement; elles marchent normalement à la vitesse de 45 tours par minute et développent 540 chevaux à cette allure, la pression du vent étant de 0 m. 50 à 0 m. 53 de mercure.

Le vent est chauffé dans des appareils Cowper, au nombre de 4 par fourneau; sur ce nombre, un est en réserve, un au vent et deux au gaz. Ces appareils ont 22 mètres de haut, ils sont remplis de briques formant des canaux hexagonaux. Ces briques sont fabriquées à l'usine; elles résistent pendant quatre années environ, sauf dans les rangées supérieures où l'on doit les remplacer tous les ans.

Chaque appareil reste deux heures en chauffage et une heure au vent.

Le vent sort des appareils Cowper à une température de 700 à 800 degrés; on contrôle cette température au moyen d'un pyromètre Le Chatelier, avec enregistreur photographique du système Roberts-Austen.

Les buses ont 0 m. 19 de diamètre; elles sont au nombre de 11 pour trois des fourneaux, de 14 pour les trois autres.

La fermeture de gueulard des hauts fourneaux est du type Parry, sauf pour le petit haut fourneau qui est à gueulard ouvert. Les gaz tiennent en moyenne :

Az	58.0 p. 100.
CO	25.8
CO^2	12.2

Ils ont une température de 300 à 500 degrés à l'origine des conduites descendantes.

Les hauts fourneaux reçoivent en moyenne 4 charges à l'heure ; chacune de ces charges se compose de 1 tonne 83 de coke et 3 tonnes 5 de minerai.

Le coke, fabriqué avec la houille de la couche Smolianinow, contient 8 à 10 p. 100 de cendres, 1.2 p. 100 de soufre et 3 à 6 p. 100 d'eau.

Les autres éléments du lit de fusion présentent la composition suivante, d'après les analyses qui figuraient à l'Exposition :

	MINERAIS LOCAUX.			MINERAI DE KRIVOI ROG.		MINERAI de MANGANÈSE du CAUCASE.
	STYLOW.	KARAKUBA.	NOVO-TROÏTSK.	N° 2.	N° 3.	
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Sesquioxyde de fer	60.00	65.00	70.00	80.00	90.00	1.00
Protoxyde de manganèse	3.29	0.90	0.93	0.19	0.15	79.09
Silice	17.59	13.89	9.34	14.49	5.34	11.60
Alumine	4.10	4.90	5.00	2.00	2.40	2.40
Chaux	1.59	1.89	2.20	1.20	0.66	1.02
Magnésie	0.50	0.40	0.40	0.29	0.20	0.85
Acide phosphorique	0.38	0.63	0.95	0.09	0.045	0.41
Acide sulfurique	0.23	0.19	0.28	0.12	0.10	BaO - 1.20
Perte par calcination	12.20	12.10	10.80	1.60	1.00	1.90

Le calcaire employé tient, d'après deux analyses différentes :

	p. 100.	p. 100.
Carbonate de chaux	95.60	96.10
Carbonate de magnésie	1.60	1.93
Alumine	1.40	0.88
Protoxyde de fer	0.40	0.35
Silice	1.06	0.70
Acide phosphorique	0.03	0.034

Lorsqu'on veut produire des fontes d'affinage pour acier, on n'emploie que des castines tenant au plus 0.02 p. 100 d'acide phosphorique.

Les fontes produites ont les compositions suivantes :

	FONTE DE MOULAGE		FONTE BESSEMER.	SPIEGEL.	FERRO-MANGANÈSE.
	N° 1.	N° 2.			
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Graphite	3.60	2.90	3.10	//	//
Carbone combiné	0.20	0.33	0.15	5.00	6.00
Manganèse	0.85	0.85	1.20	20.00	50.00
Silicium	2.80	2.35	2.10	0.70	0.90
Soufre	0.05	0.09	0.09	//	//
Phosphore	0.28	0.28	0.065	0.18	0.28

La production avait atteint, en 1899, un chiffre de 295,000 tonnes; ce chiffre n'a pu être maintenu. Il a subi, pour l'année 1900, une réduction de 23,000 tonnes environ, anticipant ainsi sur le mouvement général de rétrogradation qui n'a commencé, pour l'ensemble de la sidérurgie russe, à se manifester qu'à partir de 1900.

Société de Nicopol-Marioupol. — Le haut fourneau de la Société de Nicopol-Marioupol, à Marioupol, a été construit suivant le système américain, en vue d'obtenir une production de 250 tonnes de fonte par 24 heures. Il ne semble pas qu'il ait donné, à cet égard, les résultats qu'on en attendait; les détails de sa construction présentent néanmoins un certain intérêt.

Ce haut fourneau a une hauteur totale de 23 m. 70, depuis la sole du creuset jusqu'à la plate-forme du gueulard, un diamètre de 3 m. 30 aux tuyères, 5 m. 10 au ventre et 3 m. 75 au gueulard.

La sole du creuset présente une épaisseur de matériaux réfractaires s'élevant à 1 m. 35. Elle se trouve placée à un niveau sensiblement inférieur à celui du trou de coulée. Cette disposition a évidemment pour objet d'assurer sa protection contre l'action corrosive du laitier, au moyen d'une couche de fonte constamment entretenue; elle a eu peu de succès à ce point de vue, car trois mois de marche avaient suffi pour amener la destruction des deux premières assises réfractaires, représentant une épaisseur de 0 m. 675 environ. Cette destruction rapide tenait, il est vrai, à l'emploi de briques de petites dimensions et à certaines négligences dans la construction de la sole; elle a eu pour conséquence des percées continuelles de fonte et de laitier.

Les parois du fourneau, comme la sole, ont été entièrement construites en briques de petit échantillon, ayant de 0 m. 335 à 0 m. 225 de longueur avec 0 m. 065 d'épaisseur. Comptant sur l'élasticité inhérente à ce mode de construction, le constructeur avait supprimé le joint de dilatation que l'on réserve d'ordinaire, en Europe, entre les étalages et la cuve. Il est possible que l'on doive attribuer à l'omission de cette précaution la dislocation de la partie inférieure des étalages au cours de la première campagne, mais d'autres causes ont pu contribuer à provoquer cet accident.

Les briques employées étaient d'origine américaine, sauf celles de la partie supérieure de la cuve, qui venaient de Russie. L'usure de cette partie, sur 5 mètres de hauteur, a été très rapide, mais il en aurait été de même avec les meilleurs matériaux réfractaires. Après mise hors feu, on a intercalé dans cette région de la paroi des secteurs plats, en fonte, de l'épaisseur d'une brique et espacés de trois briques dans le sens de la hauteur.

L'ouvrage a reçu 12 tuyères, dont une était placée au-dessus du trou de coulée de la fonte; celle-ci n'a pu rester longtemps en fonctionnement. D'autre part, les piliers réservés entre les embrasures, trop nombreux et trop minces, manquaient évidemment de solidité. Le trou de coulée de la fonte était protégé par plusieurs pièces en fonte, avec circulation d'eau dans des tubes en fer noyés dans la masse. C'étaient une plaque horizontale, formant tympan au-dessus de l'orifice; une plaque verticale, appliquée sur les parois réfractaires, dans la même région; enfin une autre au-dessous du trou de coulée, prolongée extérieurement par une dernière pièce posée à plat. Au-dessous de la tuyère à laitiers, se trouvaient deux autres plaques à courant d'eau, appliquées sur la maçonnerie et descendant assez bas. Des caisses à eau étaient intercalées à trois niveaux dans la paroi des étalages; un arrosage énergique refroidissait la paroi de l'ouvrage. Ces précautions multiples n'ont pu empêcher une corrosion intense du creuset, de l'ouvrage et de la partie inférieure des étalages, puis finalement la formation d'accrochages dans cette dernière partie et d'un loup considérable dans le creuset.

Cette dernière partie du fourneau était revêtue d'une enveloppe en tôle rivée, de 0 m. 025 d'épaisseur, recouvrant les nombreuses pièces en fonte, à circulation d'eau intérieure, qui viennent d'être mentionnées. Il était donc impossible de se rendre compte de l'état de ces pièces, qui pouvaient donner lieu à des explosions. Pour l'ouvrage, au contraire, on n'avait prévu aucune armature métallique; aussi les piliers, d'une minceur exagérée, qui avaient été réservés entre les embrasures de tuyères, se sont-ils écrasés. Les étalages sont consolidés avec des frettes circulaires.

La cuve repose, par l'intermédiaire d'une marâtre d'une seule pièce, en tôle et cornières, sur des colonnes en fonte. Elle est recouverte d'une enveloppe en tôle rivée, séparée de la chemise réfractaire par un intervalle rempli de terre réfractaire. C'est l'enveloppe en tôle qui supporte la plate-forme du gueulard.

Le chargement s'effectue suivant le système américain, c'est-à-dire d'une manière complètement mécanique. Le gueulard porte deux fermetures superposées, du système Parry, reliées l'une à l'autre par une paroi en tôle formant sas. La trémie inférieure est munie d'un bord inférieur indépendant, simplement posé sur la pièce principale; le joint est fait avec du mastic réfractaire. Son cône de fermeture est en fonte; il pèse 3 tonnes et est suspendu par deux tiges à un balancier à contrepoids et manœuvre par un piston actionné à l'air comprimé. Le cône supérieur, qui n'a pas à subir l'action de la chaleur, est en tôle, et manœuvré d'une manière analogue au précédent, mais par une tige unique. Sa trémie reçoit les charges, déversées par une benne roulant sur un plan incliné à 60 degrés environ. Le remplissage de cette benne s'effectue simplement au moyen de brouettes; son déversement est obtenu au moyen d'une variante de la dispo-

sition, décrite antérieurement, qui repose sur l'existence de deux voies distinctes sur le plan incliné. Ici, le chariot circule sur une voie relativement large; la benne peut tourner autour de son essieu d'avant; chargée, elle tend à basculer en avant, mais elle est maintenue en place par une traverse antérieure, appuyée sur deux rouleaux qui circulent sur une voie plus étroite. C'est le changement de pente de cette dernière voie qui provoque le déversement.

Les dispositions de cet appareil ont donné lieu à beaucoup de difficultés de détail. La fosse où se place la benne pour le chargement se remplissait de fragments de minerai; les fuites de gaz au gueulard donnaient lieu à des flammes extérieures qui brûlaient lentement le câble et provoquaient des ruptures. Les chutes de la benne risquaient de devenir dangereuses pour le personnel circulant à côté du plan incliné, sur un escalier étroit et mal protégé, etc.

Les gaz du gueulard sont évacués par une ouverture unique, de dimensions nécessairement considérables. Cette disposition a eu pour conséquence une descente des charges notablement plus rapide du côté de cette ouverture. L'épuration des gaz se faisait à sec, au moyen de gros tubes en tôle concentriques, avec soupape inférieure; elle était très imparfaite, ce qui donnait lieu à de sérieuses difficultés pour le chauffage des chaudières et surtout pour celui du vent, à cause de l'insuffisance des appareils employés pour ce dernier service. La température du vent n'a jamais pu dépasser 600 à 650 degrés; elle tombait entre 400 et 450 degrés après un à deux mois de marche sans nettoyage.

Les appareils de chauffage étaient quatre Cowper, de la variante Kennedy, c'est-à-dire à puits de combustion central, avec empilages formés de pièces tubulaires dont la section horizontale est limitée par des circonférences concentriques et par des rayons, avec arrondissement des angles. Cette disposition présente les facilités de montage communes à toutes celles fondées sur l'emploi de pièces spéciales pour la composition des empilages, mais elle utilise assez mal les matériaux réfractaires, puisque l'épaisseur des parois tubulaires est de 0 m. 05 et qu'elle se trouve doublée par le mode de montage; de plus, le déchet de transport est toujours important quand on a recours à l'emploi de pièces tubulaires.

La hauteur des appareils est de 24 mètres; leur diamètre, de 5 m. 40 seulement. Le nettoyage s'effectue, en haut, par un orifice unique placé en haut du dôme, en bas, par trois ouvreaux. L'entrée du gaz et de l'air de combustion, la sortie du vent chaud, d'une part, la sortie des gaz brûlés et l'entrée du vent froid, d'autre part, sont groupés de manière à ne nécessiter que deux orifices en tout. Le chauffage est opéré au moyen d'une distribution à ajutage conique, mobile dans le sens horizontal, rappelant beaucoup celle de Kladuo. La soupape de réglage de la sortie du vent chaud est lenticulaire, en bronze, à courant d'eau avec circulation d'eau dans son siège, également en bronze. Une disposition analogue existe à la sortie des gaz brûlés, bien que la température de ces gaz ne soit jamais très élevée. L'admission du vent froid est réglée par un simple registre.

Un orifice supplémentaire, fermé par une soupape autoclave, qu'on refoule au besoin au moyen d'une vis, sert à faire tomber la pression dans l'appareil.

La cheminée de tirage, commune aux Cowper et aux chaudières, est en tôle, de 54 mètres de hauteur, avec 4 m. 35 de diamètre en bas et 3 m. 75 en haut; elle a un revêtement intérieur de briques dont l'épaisseur est de deux briques à la base et une demi-brique seulement au sommet. Elle est divisée par des cloisons à sa partie inférieure, pour éviter que le tirage du Cowper ne gêne celui des cheminées, ou inversement. Elle a été prévue pour deux hauts fourneaux.

Le seul fourneau construit dispose de deux machines soufflantes du type compound, à condensation, construites aux États-Unis par la Soutworth Foundry Company. Les diamètres des cylindres à vapeur sont de 1 mètre et de 1 m. 875 ; celui des deux cylindres à vent, de 1 m. 950; la course commune des pistons, de 1 m. 50. Chaque demi-machine est munie de deux volants et peut, en principe, fonctionner isolément; on n'a jamais usé de cette faculté. Une machine débite, à 50 tours, 910 mètres cubes d'air par minute; la pression normale est de 1 atmosphère et peut être doublée en cas de nécessité.

La salle des machines contient, outre les souffleries, deux pompes Worthington, deux pompes d'alimentation et deux compresseurs fournissant de l'air à 8 atmosphères pour les manœuvres de l'appareil de chargement. Elle est desservie par un pont roulant électrique d'une puissance de 10 tonnes.

L'usine possède 9 chaudières du type Galloway, timbrées à 9 kilogrammes, et pouvant chacune fournir une puissance de 160 chevaux. Elles sont chauffées au gaz injecté par un appareil analogue à celui employé pour les Cowper; elles n'ont pas de chambre de combustion, mais simplement une grille ordinaire à houille, pour éviter les extinctions.

Les stocks sont en tas, sous des estacades en bois assez sommairement installées, avec plate-forme inférieure en madriers posés directement sur le sol. On doit donc reprendre le minerai à la pelle pour le charger dans des brouettes en fer, à un seul essieu, qu'on roule à bras sur des plaques de fonte, jusqu'à la fosse où se remplit la benne de chargement. La coulée de la fonte s'effectue dans une vaste halle placée en avant du haut fourneau. On casse et on trie les gueuses avant de les envoyer au four Siemens-Martin. Le laitier est transporté au crassier dans des poches tenant 5 tonnes seulement; il est coulé le plus souvent à l'état liquide.

MÉLANGEURS DE FONTE.

Les coulées successives d'un même haut fourneau présentent fréquemment des variations considérables dans leur composition chimique. Ces variations ont été, dès l'origine, une des difficultés principales du travail d'affinage en première fusion au convertisseur; pour les atténuer, on prenait le parti de mélanger, dans une poche, des fontes provenant de plusieurs hauts fourneaux. Cette solution ne laissait pas que d'être gênante à cause de la fréquence trop grande qu'elle impliquait pour les coulées. A l'usine de Nijni-Salda, près Taguil (Oural), on avait adopté, dès 1879, une autre combinaison consistant à interposer, entre le haut fourneau et le convertisseur, un four Siemens fonctionnant à la fois comme réservoir et comme surchauffeur de fonte. Il se produit, dans cet appareil intermédiaire, une oxydation appréciable du silicium et du manganèse, c'est-à-dire un affinage partiel. Il y a donc, en réalité, application d'une formule mixte de travail que l'on retrouve, moins nettement caractérisée, dans certaines usines américaines où on réchauffe au gaz les mélangeurs.

Ces derniers appareils, qui fournissent la meilleure solution du problème, sont de grands récipients en tôle rivée, revêtus intérieurement de briques réfractaires, dans lesquels on verse périodiquement la fonte provenant des hauts fourneaux et d'où, après un séjour assez prolongé, on la coule dans les poches alimentant l'aciérie. Le passage de la fonte à travers un mélangeur a pour conséquence, non seulement de lui donner une composition beaucoup plus régulière en établissant une moyenne entre les divers fourneaux et entre les diverses coulées d'un même fourneau, mais encore d'éliminer une grande partie du soufre primitivement contenu, pour peu que la fonte contienne de manganèse.

Ce deuxième phénomène doit être attribué à la séparation, par différence de densité, du sulfure de manganèse tenu en suspension dans la fonte liquide. Le sulfure monte à la surface du bain, où il s'oxyde partiellement sous l'action de l'air en donnant de l'acide sulfureux et de l'oxyde de manganèse. Celui-ci passe dans la scorie, qui peut être utilement repassée au haut fourneau.

En Europe, la forme qu'on donne le plus ordinairement aux mélangeurs de fonte est celle d'un convertisseur à fond et à tourillons pleins, tenu normalement couché, sa génératrice rectiligne en dessous, et muni, vers sa base, d'un orifice évasé extérieurement, par lequel on introduit la fonte à son intérieur. Le déversement dans les poches desservant l'aciérie se fait par le gueulard; il est réglé le plus souvent par le soulèvement de l'arrière de l'appareil, obtenu au moyen d'un piston hydraulique, mais on peut également le provoquer au moyen d'une crémaillère engrenant avec un pignon calé sur l'un des tourillons. Pour éviter une circulation d'air, qui refroidirait inutilement la surface du bain, et en même temps pour régulariser le jet de coulée, on muraille souvent le gueulard en n'y laissant libre qu'une ouverture allongée horizontalement, de la dimension d'une brique.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Dans les usines de l'Est de la France (Micheville, Homécourt), la capacité des mélangeurs appartenant à ce système est ordinairement de 160 tonnes; elle a été portée à 200 tonnes dans l'installation analogue faite récemment à Longwy.

Aux États-Unis, au contraire, la forme prédominante est celle d'un demi-cylindre fortement armé et revêtu intérieurement de matériaux réfractaires, recouvert d'une voûte en briques réfractaires et monté sur un certain nombre de couronnes de galets roulant sur des voies circulaires qui ont leur centre sur son axe. Le mouvement d'oscillation de ces appareils est obtenu soit au moyen de deux pistons hydrauliques reliés par des bielles à deux tourillons placés sur un des fonds, de part et d'autre de l'axe, soit plus simplement au moyen d'un pignon ou d'une crémaillère engrenant avec un secteur denté. L'introduction de la fonte s'effectue par un bec latéral placé à une extrémité, sa sortie par un autre bec placé à l'extrémité opposée, dans une position symétrique par rapport au centre. Une particularité des mélangeurs américains est leur chauffage au moyen d'un jet de gaz naturel ou d'un brûleur à pétrole pénétrant par un orifice situé sur l'axe du cylindre. A l'usine de Duquesne, on cherche à rendre le mélange plus intime en imprimant des oscillations à l'appareil après avoir introduit chaque charge de fonte et avant de couler chaque tiers des poches de métal destinées à l'aciérie.

Parmi les usines figurant à l'Exposition, qui employaient des mélangeurs, on peut citer Micheville, Duquesne, South Chicago et Joliet (Illinois Steel C°), Droujkofka, Yousovo, etc.

Usine de Yousovo. — L'usine de Yousovo (Société de la Nouvelle-Russie) est la seule qui ait fourni quelques détails sur le fonctionnement de ses mélangeurs. Ces appareils, au nombre de deux, ont chacun une capacité de 130 tonnes; leur revêtement en briques réfractaires a une épaisseur de 0 m. 430 vers le fond, de 0 m. 305 vers la partie supérieure. Sa durée moyenne est de deux ans, sauf au niveau des scories, où les réparations doivent se faire à des intervalles de 9 à 10 semaines. La fonte séjourne en moyenne 6 heures dans l'appareil; elle y perd un peu de carbone, de silicium et de manganèse, ainsi que les deux tiers du soufre qu'elle contenait. C'est ce qui ressort des analyses suivantes :

	FONTE SORTANT	
	DU HAUT FOURNEAU.	DU MÉLANGEUR.
	—	—
	p. 100.	p. 100.
Graphite	3.10	2.95
Carbone combiné	0.15	0.15
Silicium	2.10	1.90
Manganèse	1.20	0.98
Soufre	0.09	0.03
Phosphore	0.065	0.065

Les mélangeurs fonctionnent à Yousovo depuis 1894; leur emploi a permis d'obtenir une régularité de composition qui est tout spécialement appréciée par les acheteurs de fonte.

Il est probable que l'emploi de mélangeurs se répandra de plus en plus, même dans les usines qui, telles que celle de Yousovo, n'emploient pas immédiatement à l'affinage les fontes qu'elles produisent.

MOULAGE DE LA FONTE.

Malgré tous les perfectionnements apportés dans ces dernières années à l'élaboration mécanique du fer et de l'acier, malgré les exigences croissantes de la construction en ce qui concerne les qualités de résistance des matériaux qu'elle emploie, l'industrie des moulages en fonte conserve une importance considérable. Pour la plupart des pays, il est assez difficile de s'en faire une idée précise, faute de données statistiques.

Ces données existent pour la France; elles font ressortir qu'en 1899 la production totale de moulages en fonte a été, dans ce pays, de 761,347 tonnes, dont 92,194 tonnes obtenues en première fusion, et 669,153 tonnes en deuxième fusion. C'est un chiffre considérable, car il représente plus du quart de la production de la fonte brute; il est vrai qu'il est obtenu en utilisant une forte proportion de débris de vieille fonte, moyennant des additions convenables de fontes riches en silicium.

L'industrie du moulage de la fonte était représentée à l'Exposition d'une manière remarquable, spécialement dans la section française de la Classe 64. Dans cette branche de l'industrie sidérurgique, comme dans beaucoup d'autres, l'Allemagne et la Grande-Bretagne s'étaient complètement abstenues; dans l'ensemble des sections étrangères, on ne pouvait guère citer comme présentant un réel intérêt que les expositions de la Compagnie des conduites d'eau (Belgique), de l'usine de Terni (Italie) et de la Colorado Fuel and Iron Company (États-Unis). Aucune innovation technique importante ne ressortait d'ailleurs de l'ensemble des expositions, que nous allons décrire par pays, suivant l'ordre du catalogue.

France. — En France, les usines travaillant en première fusion sont relativement peu nombreuses; toutes celles d'une réelle importance étaient représentées à l'Exposition. C'étaient la Société anonyme des hauts fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson, la Société anonyme métallurgique d'Aubrives et Villerupt, la Société métallurgique du Périgord, l'usine de Montluçon, la Société anonyme de Commentry, Fourchambault et Decazeville, enfin la Société anonyme des hauts fourneaux et fonderies de Brousseval (Haute-Marne). La maison Capitain-Gény et Cie ne doit pas figurer sur cette liste, car elle n'obtient plus, en première fusion, qu'une fraction très faible de sa production totale.

Usine de Pont-à-Mousson. — L'usine de Pont-à-Mousson est la plus importante de France et même d'Europe comme importance de production. Elle a produit, dans l'année 1899, 88,793 tonnes de moulages de toute nature, dont 60,626 tonnes de tuyaux. Cette dernière fabrication a reçu chez elle une organisation très perfectionnée. Le nombre des fosses de coulée qui lui sont consacrées est de 59; chacune d'elles comprend de 20 à 80 châssis, suivant les diamètres; elle est desservie par une équipe de 5 à 20 ouvriers,

commandés par un chef de fosse et constituant une véritable entreprise, qui reçoit un prix déterminé pour chaque tuyau éprouvé avec succès à la presse.

Tous les appareils de levage sont actionnés par la vapeur ou par l'électricité.

L'étuvage se fait au moyen de jets de gaz placés à la partie inférieure des châssis; le gaz est fourni par un gazogène soufflé. Cette disposition a permis d'éviter l'emploi des réchauds, qui rendent l'atmosphère des fosses malsaine pour les ouvriers.

Après désablage et ébarbage, les tuyaux sont essayés à la presse hydraulique, à serrage automatique, chauffés à 110 degrés environ dans une étuve au gaz, conduits progressivement, par un système de chaîne sans fin, dans un bain de goudron chauffé, où ils s'immergent complètement, enfin retirés mécaniquement de ce bain. Cette installation a été combinée par M. Baudouin, chef du service de la fonderie.

L'usine fabrique principalement le type à emboîtement et cordon, mais elle livre également des tuyaux à joints de divers modèles et des tuyaux à brides.

Les coudes de gros diamètre sont coulés verticalement, comme les tuyaux, par un procédé dû à M. Henrion, chef de fabrication.

Pour les gros diamètres, l'usine de Pont-à-Mousson a fait breveter, le 31 janvier 1895, un système spécial de tuyaux frettés, auquel elle attribue le double avantage d'augmenter très notablement la résistance aux pressions intérieures et de diminuer les risques de rupture étendue par suite d'un choc extérieur. Il semble bien, en effet, d'après les expériences qui ont été faites en faisant tomber un mouton sur une conduite frettée, mise en pression, que les frettes limitent l'extension longitudinale des fentes produites par le choc et atténuent par suite les conséquences possibles d'une rupture.

Les frettes employées sont en acier, de même composition que des bandages de roues et laminées de la même manière. Elles sont posées à chaud sur des nervures venues de fonte sur la surface extérieure du tuyau.

Pour que l'adhérence soit suffisante, il faut que la surface extérieure des nervures soit bien régulière, sans qu'on soit obligé cependant de recourir au tournage pour obtenir ce résultat. On a résolu le problème en exécutant d'abord un moule vertical, suivant les procédés ordinaires, puis en troussant dans ce moule les nervures qui doivent recevoir les frettes. On obtient ainsi une régularité très suffisante.

Les tuyaux sont essayés à la pression de 15 atmosphères, puis goudronnés et enfin frettés. Pour obtenir un serrage bien régulier, on mesure très exactement le développement extérieur de chaque nervure d'une part, le développement intérieur de chaque frette, d'autre part. On classe ces dernières à l'avance et on arrive à les appareiller convenablement pour chaque nervure : le diamètre qu'elles doivent avoir à froid a été déterminé expérimentalement de manière à obtenir un serrage convenable. Ce serrage est, par exemple, pour les tuyaux de 1 mètre de diamètre, de 10,000 kilogrammes pour la section totale de la frette, section qui est de 0 m. 065 sur 0 m. 022; il correspond à un effort de 7 kilogrammes par millimètre carré.

Les frettes sont chauffées dans un four à gaz, puis posées sur la nervure: on les laisse se refroidir lentement dans cette position.

Cette fabrication ingénieuse, créée par MM. Rogé et Cavallier, administrateurs de la Société, a pris une assez grande importance, car le tonnage de tuyaux frettés produit à Pont-à-Mousson, dans ces trois dernières années, dépasse 20,000 tonnes. Elle était représentée à l'Exposition par de beaux spécimens de 1 mètre, 1 m. 25 et 1 m. 50 de diamètre intérieur.

Les ateliers de fonderie à plat représentent une surface couverte de 20,000 mètres carrés. Divisés entre 150 équipes distinctes, travaillant à l'entreprise, ils fabriquent annuellement de 25,000 à 30,000 tonnes de raccords de canalisation, de tuyaux de descente et de coussinets de chemins de fer. D'intéressants spécimens de ces diverses fabrications figuraient dans l'exposition de la Société.

Les ateliers d'entretien et d'ajustage occupent 120 à 150 ouvriers et couvrent une surface de 3,500 mètres carrés. On y exécute non seulement les travaux de finissage mécanique que comportent certaines pièces de canalisation ainsi que les réparations des appareils de la fonderie, des hauts fourneaux et des mines appartenant à la Société, mais encore la plus grande partie de l'outillage nouveau que peuvent demander les divers services.

Société d'Aubrives et Villerupt. — On a vu, dans un chapitre précédent, comment l'ancienne société d'Aubrives a été amenée à absorber les hauts fourneaux de Villerupt pour y installer un atelier de moulage de tuyaux en première fusion. Cet atelier a été organisé sur un plan plus moderne que celui d'Aubrives. Le service des fosses de coulée est fait par ponts roulants dans les deux usines, mais tandis qu'à Aubrives ces ponts, au nombre de douze et pouvant manœuvrer des poids compris entre 1,500 kilogrammes et 30 tonnes, sont conduits par courroies ou par câbles, ceux de Villerupt, en même nombre et prévus pour des charges de 2 à 20 tonnes, sont commandés par des moteurs électriques. La station centrale renferme deux génératrices de 300 chevaux chacune.

A Aubrives, la refonte du métal s'opère dans cinq cubilots. L'usine de Villerupt, quoique travaillant normalement en première fusion, possède deux groupes de trois cubilots chacun.

Le diamètre intérieur des tuyaux fabriqués peut aller jusqu'à 2 mètres. Pour ces grandes dimensions, on peut craindre une augmentation notable des chances de rupture, l'épaisseur du tuyau ne s'accroissant pas en proportion de son diamètre, et on doit se préoccuper tout particulièrement des conséquences qu'une rupture pourrait entraîner. Pour répondre à cette double préoccupation, MM. Rogé et Cavallier ont adopté le système de frettage qui a été décrit plus haut. M. Jacquemart, directeur de la Société d'Aubrives et Villerupt, a imaginé une solution différente, fondée sur l'emploi de frettes en fil d'acier de grande résistance. L'intervalle d'une frette à l'autre est de 0 m. 80 pour les tuyaux de 2 mètres de diamètre. Les fils d'acier, de 6 millimètres de diamètre, sont enroulés sous une tension de 20 kilogrammes par millimètre carré; une fois mis en place, ils sont fixés par soudure, puis recouverts d'une couche d'asphalte destinée à les protéger contre l'oxydation.

On a pu ainsi réduire à 21 millimètres l'épaisseur courante des tuyaux de 2 mètres de diamètre.

Ce système a été employé pour les siphons de Maurecourt, sur la canalisation des eaux-vannes de Paris à la plaine de Triel; il l'a été également pour des collecteurs de vapeur de 0 m. 40 de diamètre.

L'exposition de la Société d'Aubrives et Villerupt comprenait divers types intéressants d'accessoires de canalisations, notamment des robinets-vannes dont la hauteur a été notablement réduite, grâce à une disposition spéciale, des rotules étanches pour conduites d'eau sous pression, du modèle actuellement en service à Pnompenh (Cambodge), des joints instantanés pour raccords d'incendie, etc.

Une des pièces de fonderie exposées par la Société d'Aubrives et Villerupt présentait un intérêt spécial au point de vue des procédés de moulage employés. C'était une colonne du modèle de celles qui supportent le plancher recouvrant la gare des Invalides. Cette colonne, de 6 m. 50 de haut, avait été coulée debout, dans quatorze châssis superposés; elle était présentée brute de fonte, avec son jet de coulée latéral et ses deux barreaux d'épreuve restés adhérents. On pouvait ainsi se rendre compte du peu d'importance du travail d'ébarbage qui restait à lui faire subir. La Société d'Aubrives et Villerupt a exécuté 160 colonnes du même modèle, à raison d'une par jour, avec un personnel de 2 mouleurs et de 6 manœuvres.

Usines de Brousseval. — Les usines de Brousseval (Haute-Marne) possèdent deux hauts fourneaux traitant au coke les minerais néocomiens de Pont-Varin, dans des conditions qui ont été indiquées plus haut, et cinq cubilots pouvant livrer par jour 65 tonnes de fonte aux ateliers de moulage.

Ceux-ci disposent d'une quarantaine d'appareils de levage dont la puissance va jusqu'à 30 tonnes. Ils produisent des tuyaux coulés debout, spécialement du type Lavril, du matériel d'usines à gaz, des candélabres d'éclairage, des fontes de construction et des fontes d'art. Une de leurs spécialités intéressantes est la production de fontes résistant longtemps à l'action des hautes températures, des acides et des alcalis. Ces fontes servent, par exemple, pour la fabrication de grandes chaudières destinées à la caustification de la soude et de cornues pour la production de l'acide nitrique. Elles sont obtenues au moyen de mélanges de fonte de Brousseval, de fontes de Meurthe-et-Moselle, de bocages et d'un peu d'acier, mélanges réglés de manière à obtenir dans le produit 1.5 p. 100 environ de silicium, 1.0 à 1.3 de phosphore et 0.15 à 0.18 de manganèse.

La production annuelle de l'usine de Brousseval atteint un chiffre de 8,000 à 9,000 tonnes.

Elle était représentée à l'Exposition par des spécimens variés de sa fabrication, notamment par une devanture complète de four d'usine à gaz, par une chaudière pesant 9,320 kilogrammes, par de nombreux types de radiateurs, tuyaux de conduite, etc., enfin par d'intéressants moulages d'ornement.

La Société anonyme des hauts fourneaux et fonderies de Brousseval a obtenu une médaille d'or.

Capitain-Gény et Cie. — La maison Capitain-Gény et Cie ne produit qu'une quantité insignifiante de moulages en première fusion. Elle conserve cependant à feu le haut fourneau de Bussy, alimenté au charbon de bois, qui lui fournit le moyen d'obtenir des moulages présentant une grande résistance au choc.

Le travail de deuxième fusion est assuré au moyen de huit cubilots alimentés par des fontes de Longwy.

Les usines de Bussy et du Rongeant disposent d'une puissance motrice hydraulique de 120 chevaux et de machines à vapeur développant 300 chevaux; sur ce total, 170 chevaux sont distribués électriquement dans les ateliers.

Ceux-ci renferment 26 grues de 5 à 20 tonnes, 4 ponts roulants électriques de 10 à 40 tonnes, et un outillage important pour finissage.

Leur production annuelle est de 16,000 tonnes. La mise en activité, dans le courant de l'année 1900, d'un atelier de moulage d'acier, alimenté par un four Siemens-Martin de 4 tonnes, doit lui apporter une augmentation nouvelle.

Actuellement elle comprend des moulages mécaniques, du matériel fixe pour chemins de fer, du matériel pour usines à gaz et usines de produits chimiques (4,000 tonnes par an), des fontes d'ornement et de construction (3,000 à 4,000 tonnes par an), des ponts et charpentes en fonte et fer, enfin des moulages artistiques en fonte et en bronze. D'intéressants spécimens de cette dernière fabrication figuraient à l'Exposition, à côté de bâtis pour cylindres de locomotives, d'engrenages, de poulies et autres moulages mécaniques fort variés.

M. Capitain-Gény faisant partie du jury de la Classe 64, ses usines se trouvaient placées hors concours.

Boutmy et Cie. — La Société Boutmy et Cie possède à Margut (Ardennes) une fonderie qui occupe quatre cents ouvriers et qui produit spécialement les moulages nécessitant une exécution soignée, tels que les projectiles et les boîtes à graisse. Elle possède trois cubilots, trois batteries de fours à creusets pour la fonte du métal aciéreux et une batterie de creusets pour le bronze. On y construisait, en 1900, un four Siemens-Martin de 4 tonnes pour obtenir des moulages d'acier répondant aux conditions exigées par l'artillerie et la marine.

La fabrication principale de l'usine est celle des boîtes à graisse pour véhicules de chemins de fer et tramways. Le métal employé est un mélange de fonte pure et d'acier, fondu au creuset; après moulage, les pièces fabriquées sont recuites en vases clos, suivant la formule usitée pour la fonte malléable. Le métal ainsi obtenu présente une résistance de 35 kilogrammes à la rupture par traction en même temps qu'une grande capacité de déformation.

L'exposition de la Société Boutmy et Cie présentait une série très variée de boîtes à graisse, commandées par les diverses compagnies françaises de chemins de fer, par

de nombreuses compagnies coloniales ou étrangères, par des administrations de tramways, etc. Le corps de ces boîtes est tantôt en fonte, tantôt en métal aciéreux, le dessous étant presque toujours formé de ce dernier métal. Des moulages pour voitures automobiles complétaient, avec les tôles, autre spécialité des établissements Boutmy, cette intéressante exposition.

Société des hauts fourneaux de Maubeuge. — Plusieurs des grandes usines de la région du Nord produisent, outre un tonnage important de laminés, une certaine quantité de moulages. C'est ainsi que la Société des hauts fourneaux de Maubeuge obtient annuellement de 5,000 à 6,000 tonnes de fontes moulées de toutes sortes, notamment de projectiles destinés aux administrations de la Guerre et de la Marine, au moyen d'une fonderie comprenant 4 cubilots, 2 ventilateurs Root, un monte-charge mécanique, 2 machines à mouler et à diviser les engrenages, 10 grues, dont 3 de 15 tonnes et 1 de 25 tonnes, des étuves perfectionnées, etc. Cet outillage permet de couler au besoin des pièces de 50 tonnes.

Les usines du Centre sont dans une situation moins avantageuse que celles de l'Est pour la production de la fonte à bon marché. Elles ne peuvent guère songer à faire de l'exportation, comme Pont-à-Mousson et Villerupt-Aubrives, et sont obligées de compter surtout sur la consommation intérieure. Elles ont sur les usines de l'Est, il est vrai, l'avantage d'une supériorité appréciable de qualité, due à la moindre proportion de phosphore contenue dans leurs fontes.

Fonderie de Montluçon. — L'usine de Montluçon, appartenant à la Société de Commentry, Fourchambault et Decazeville, a une origine relativement ancienne, car son matériel est celui employé autrefois à l'usine de Torteron, la première où l'on ait pratiqué en France la coulée verticale des tuyaux. Il se compose de trois fosses circulaires pour le moulage des gros tuyaux et de deux fosses rectilignes pour le moulage des petits. Il permet de produire annuellement 15,000 tonnes de tuyaux dont le diamètre peut varier entre 0 m. 03 et 1 m. 25. Les gros modèles sont parfois frettés suivant le système Rogé, pour augmenter leur résistance.

L'usine de Montluçon fabrique non seulement des tuyaux à joints de tous modèles et des tuyaux à brides, mais aussi des cylindres de papeterie, des rouleaux pour l'agriculture, des cages de laminoirs, des bâtis de machines, etc. La fonderie où elle exécute ces diverses pièces, dont le poids peut atteindre 25 tonnes, est desservie par des grues et des ponts roulants, dont un électrique, de 30 tonnes.

Un atelier d'ajustage, muni d'un pont roulant électrique de 20 tonnes, permet de finir les pièces moulées.

Usine de Fumel. — L'usine de Fumel (Lot-et-Garonne), appartenant à la Société métallurgique du Périgord, produit elle-même ses fontes dans des conditions qui ont été indiquées plus haut, c'est-à-dire avec un haut fourneau au coke, alimenté au moyen

de coke de Carmaux et du minerai du Périgord. Les fontes obtenues ne tiennent que 0.05 à 0.08 p. 100 de soufre et 0.10 à 0.15 p. 100 de phosphore; elles sont très résistantes. L'usine fabrique des tuyaux de conduite jusqu'au diamètre de 1 m. 10, des coussinets et du matériel fixe de chemins de fer, notamment des plaques tournantes à roulement sur billes.

Sa production a été de 28,936 tonnes pendant le dernier exercice (1899-1900); les moulages en première et en deuxième fusion y entrent pour des proportions à peu près équivalentes. Elle se trouvait hors concours par suite de la présence de son administrateur délégué dans le jury de la Classe 64.

Usines Chappée et fils. — Parmi les fonderies de deuxième fusion, la maison Chappée et fils, du Mans, doit être placée en première ligne, tant pour l'importance et la variété de sa production que pour les soins qu'elle apporte à sa fabrication.

Son exposition comprenait les modèles les plus divers, depuis les gros tuyaux de conduite jusqu'aux pièces minces, destinées à des usages domestiques, et jusqu'aux moulages artistiques. A l'origine, son usine d'Antoigné était organisée spécialement en vue de la production des tuyaux, pouvant atteindre 0 m. 80 de diamètre, mais les conditions économiques de cette fabrication, avantageuse tant que les fontes anglaises ont pu pénétrer dans l'Ouest de la France, se sont modifiées à partir du moment où les fontes de Longwy ont pris possession du marché. La concurrence avec les usines situées, comme celles de Pont-à-Mousson ou d'Aubrives-Villerupt, sur le lieu même de production de la fonte, devient impossible ou du moins très difficile pour les grosses pièces. M. Armand Chappée a donc été obligé de s'ingénier constamment, depuis une vingtaine d'années, pour transformer son industrie en vue de produire des articles où la dépense de main-d'œuvre représente une partie relativement importante de la valeur totale. Il a transformé partiellement, dans cet ordre d'idées, l'usine d'Antoigné et réorganisé celle de Port-Brillet, qu'il avait achetée en 1882. Il a pu ainsi, en faisant subir à sa fabrication les transformations nécessaires, augmenter son chiffre d'affaires, qui dépasse aujourd'hui 5 millions de francs par an, malgré une diminution sensible du poids des objets fabriqués. Ce poids est aujourd'hui d'environ 18,000 tonnes par an; il avait dépassé 25,000 tonnes, à une époque où la production des gros tuyaux était active à Antoigné. Le personnel de chacune des deux usines est de 600 ouvriers.

L'exposition de MM. Chappée et fils était extrêmement variée; on y voyait figurer, avec des tuyaux de divers diamètres, un robinet-vanne, pour conduites de 1 m. 10, d'un type breveté par la maison, un clapet de retenue multiple pour conduite de 0 m. 60, des tuyaux à ailettes et des radiateurs de formes diverses, pour chauffage à vapeur, des bornes-fontaines, des poêles de toute forme, en fonte naturelle ou émaillée, etc., des fontes d'art pour vasques ou lampadaires à gaz, etc.

Un grand nombre de ces objets avaient été laissés bruts de fonte, parfois même non ébarbés, sans application d'enduit ni de graphite; on pouvait donc se rendre parfaitement compte du soin apporté à leur fabrication.

L'exposition de la maison Chappée et fils comprenait, outre les moulages, quelques

objets se rattachant à la mécanique générale, tels que pompes, moteurs à gaz et à pétrole, etc. Elle se trouvait d'ailleurs placée hors concours par la présence de M. Armand Chappée dans le jury de la Classe 64.

Usine de Gorcy. — L'usine de Gorcy (Meurthe-et-Moselle) s'occupe surtout de la fabrication du fer marchand et du fer machine; cependant le travail de fonderie y présente une certaine importance, puisqu'il correspond à une production annuelle de 3,600 tonnes de moulages. Ces moulages sont obtenus en deuxième fusion, bien que la Société de Gorcy dispose de deux hauts fourneaux. Sa fonderie renferme trois cubilots pouvant fondre respectivement 5, 4 et 2 tonnes à l'heure, un four à creusets pour les alliages cuivreux, trois étuves, un pont électrique de 25 tonnes, deux grues de 10 tonnes et trois de 5 tonnes, plus une grue roulante de 10 tonnes pour le chargement.

La préférence donnée par l'usine de Gorcy au travail de seconde fusion s'explique par la régularité de qualité et le fini d'exécution indispensables pour la plupart de ses fabrications. Celles-ci consistent principalement en moulages mécaniques, tels que cages et cylindres de laminoirs, bobines de tréfilerie, bâtis de machines, engrenages, matériel fixe de chemins de fer, comprenant les plaques tournantes, les croisements, etc., accessoires de hauts fourneaux, tels que valves d'appareils de chauffage du vent, wagons à laitier, colonnes et marâtres, etc.

Parmi ces fabrications fort variées, il en est deux qui présentent un intérêt particulier. Nous citerons d'abord celle des cuvelages de mines, formés d'anneaux d'une hauteur de 1 m. 50 environ, décomposés eux-mêmes en huit segments assemblés par boulons sur joints en plomb de 3 millimètres d'épaisseur : les brides verticales doivent être rabotées, les brides horizontales tournées. Les anneaux complets ont un diamètre de 4 à 5 mètres, ce dernier chiffre étant aujourd'hui le plus fréquent. L'épaisseur minima est de 25 millimètres; elle croît avec la charge à laquelle le segment doit être soumis. Chaque anneau doit être monté à l'usine et soumis à une épreuve par pression hydraulique exercée de l'extérieur, comme en charge normale. Cette condition exige l'installation de cuves d'essai de grandes dimensions, de même que le tournage des brides supérieures nécessite des tours spéciaux, à axe vertical.

L'installation de l'usine de Gorcy a été comprise largement, à ce double point de vue, car elle a permis d'exécuter un anneau de cuvelage de 7 mètres de diamètre qui figurait à l'Exposition. Elle a déjà servi pour cinq cuvelages de 5 mètres de diamètre, représentant une hauteur totale de 380 mètres, et un cuvelage de 4 mètres de diamètre, avec 72 mètres de hauteur. Le poids total de fonte moulée sous cette forme a été jusqu'ici de 2,728 tonnes.

Une autre spécialité intéressante de l'usine de Gorcy est la fabrication des valves à gaz et à air, pour appareils de chauffage de vent, notamment du modèle de brûleurs imaginé par M. Bertrand, directeur de l'usine de Kladno et décrit dans un chapitre précédent.

Société Magnard et Cie. — Les usines de Fourchambault et de la Pique, exploitées actuellement par la Société Magnard et Cie, produisent annuellement 4,000 à 5,000

tonnes de moulages. Fourchambault s'occupe principalement de la construction mécanique, notamment de la fabrication des cylindres de machines à vapeur, de types et de dimensions très variés. La fonte employée doit présenter une résistance de 20 à 23 kilogrammes par millimètre carré à la rupture par flexion. L'usine de la Pique produit plus spécialement les boîtes à graisse pour chemins de fer et les pièces de machines agricoles.

La Société Magnard et Cie fait beaucoup de constructions métalliques et d'affûts de canons, travaux n'intéressant pas la Classe 64. Une autre de ses spécialités se rattache, au contraire, à la métallurgie; c'est celle de la construction des ponts roulants et des marteaux-pilons. Au cours des deux dernières années, elle a livré vingt-cinq ponts roulants de 2 à 45 tonnes de puissance et cinquante-deux marteaux-pilons, d'un poids variant entre 200 et 30,000 kilogrammes.

Dans son exposition, elle montrait le modèle du cylindre d'un marteau-pilon de 50 tonnes, qu'elle a livré aux forges de Couzon.

Elle se trouvait placée hors concours par la présence de deux de ses administrateurs dans les jurys de l'Exposition.

Usine Durand frères. — La fonderie Durand frères, à Creil, s'est fait également une spécialité des moulages mécaniques. Créée en 1871, elle s'est développée d'une manière continue depuis son origine et se trouve maintenant en situation de produire de 2,500 à 3,000 tonnes par an. Elle possède trois cubilots et deux ponts roulants électriques, de 15 tonnes chacun, ce qui lui permet d'exécuter des pièces pesant plus de 25 tonnes.

Son exposition se composait de dessins représentant des pièces de constructions ou des machines en service, telles qu'accumulateurs hydrauliques, couronnes mobiles de turbines ayant jusqu'à 4 m. 38 de diamètre (en deux pièces), éléments en fonte de la dynamo de 1,000 chevaux exposés par la maison Daydé et Pillé, cylindres à vapeur à enveloppe, cylindres de laminoirs en fonte trempée sur une épaisseur de 40 à 50 millimètres, volant-moteur de 5 mètres de diamètre pour la machine Corliss exposée par la maison E. Garnier et Faure-Beaulieu, molettes de 4 m. 24 de diamètre d'un puits de la mine de Lens, hélice de 3 mètres de diamètre, etc. Elle a obtenu une médaille de bronze.

Usine de Mazières. — L'usine de Mazières, près Bourges, fabrique chaque année 6,000 tonnes environ de moulages très résistants obtenus en deuxième fusion, avec des fontes produites dans les deux petits hauts fourneaux de l'usine. Ces fourneaux sont alimentés par des minerais du Berry et par du coke de Monceau. Les produits de l'usine sont assez variés; ce sont des fontes de construction, telles que colonnes, pièces de ponts, balustrades, des pièces résistant au feu, telles que caisses à recuire, lingotières, garnitures de cornues à gaz et de gazogènes, enfin des pièces nécessitant un certain ajustage, telles que bâtis de machines, volants, vannes d'écluses, plaques tournantes, changements et croisements de voies. Une médaille d'argent a été attribuée à la Société de Mazières.

Usine Léchaudel et Schérer. — L'usine Léchaudel et Schérer, à Pont-sur-Saulx (Meuse), a une certaine importance, car sa production est d'environ 3,000 tonnes par an. Son exposition se composait surtout de grilles et autres pièces d'ornement, avec quelques engrenages et autres pièces mécaniques; elle présentait un intérêt assez secondaire. Une médaille de bronze a été accordée à cet établissement.

Belgique. — Parmi les expositions étrangères de moulages de fonte, la plus intéressante était celle de la Compagnie générale des conduites d'eau à Liège. On y voyait figurer des tuyaux de gros diamètre, avec les coudes correspondants, coulés debout, des robinets-vannes, des bornes-fontaines, des tuyaux à ailettes. Le seul objet qui ne se rapportât pas à la canalisation ou au chauffage était une vis terminale de pieu pour fondations dans le sable. Cette exposition très soignée, mais peu variée, ne donnait qu'une idée imparfaite de l'importance de l'affaire. Non seulement la Compagnie produit par an 30,000 tonnes de tuyaux et pièces annexes, mais encore elle se charge de grosses entreprises de canalisation. Elle construit en outre des ponts roulants, des chariots transbordeurs, des ascenseurs et autres appareils mécaniques.

Le Jury lui a décerné une médaille d'or.

Espagne. *Usine de La Felguera.* — L'usine de La Felguera, appartenant à la Compañia de Asturias, avait exposé, comme la précédente, des tuyaux de divers diamètres, des robinets-vannes et autres accessoires de canalisation. La pièce la plus caractéristique de son exposition était une cloche en bronze, couverte de bas-reliefs exécutés en cire perdue. Cette cloche est une œuvre fort remarquable au double point de vue de la valeur artistique de la composition et de la perfection d'exécution du moulage.

La Société de La Felguera a obtenu une médaille d'or.

Usine Mir Pujol. — Une autre fonderie espagnole, celle de M. Mir Pujol, à Barcelone, présentait quelques tuyaux de conduite et surtout des fontes d'ornement pour balcons, etc., d'une bonne exécution. Le Jury lui a attribué une mention honorable.

États-Unis. — La Colorado Fuel and Iron Company a pour objet principal la fabrication du fer et de l'acier, mais elle produit une certaine quantité de moulages, notamment des tuyaux de conduite de dimensions moyennes, dont elle avait exposé des spécimens sciés et polis sur la section de manière à faire ressortir la régularité d'épaisseur de cette section et l'homogénéité de la fonte employée. Cette fonte, obtenue avec des minerais purs, est très résistante; aussi les tuyaux qu'elle a servi à fabriquer se courbent-ils d'une manière très appréciable avant de se rompre.

Inde anglaise. — La Bengal Iron and Steel Company limited, à Barrakar (Inde), exposait des moulages bien exécutés, notamment des tuyaux et du matériel fixe de chemins de fer. On a vu dans quelles conditions elle produit la fonte, matière première de ces moulages.

Hongrie. — La section hongroise renfermait plusieurs expositions composées exclusivement de moulages de fonte; certaines d'entre elles se rattachaient tout autant à la Classe 65 qu'à la Classe 64. C'était notamment le cas des expositions de la Société des usines et forges Heinzelmann, à Hisnyovitz (tuyaux de conduites et poêles), la Société métallurgique de Nadrág, près Orsova (appareils de chauffage et fontes d'ornement), et de la Société Concordia, à Csetnek (coquilles pour moulage de fontes trempées). Ces divers établissements ont déjà été mentionnés dans la description générale des usines de la Hongrie.

Italie. — La Société des hauts fourneaux, forges et aciéries de Terni possède deux grandes fonderies de fonte, l'une d'installation déjà ancienne, à Terni, à une petite distance de l'aciérie (ancienne fonderie Lucovich), l'autre à Savone, où elle a été créée tout récemment comme annexe de l'usine principale. Chacune d'elles comprend une fonderie de tuyaux et une fonderie de pièces spéciales.

Fonderie de tuyaux de Terni. — A Terni, la fonderie de tuyaux présente une disposition différente pour la coulée des gros tuyaux, d'une part, et des petits ou moyens tuyaux, d'autre part. La première installation comporte une fosse circulaire, de 16 mètres de diamètre et de 5 m. 50 de profondeur. Au centre, sur un pilier en maçonnerie, est installée une forte grue à pivot, pouvant lever 15 tonnes et ayant un rayon d'action de 8 m. 50. Les châssis de moulage sont disposés en deux rangées, l'une contre la paroi extérieure, l'autre contre la paroi intérieure de la fosse.

Le moulage des tuyaux moyens et petits se fait dans une fosse rectangulaire de 20 mètres sur 14 mètres, où les châssis sont disposés en files parallèles et soutenus par de fortes poutres. Un petit chariot, roulant sur des rails, est installé au-dessus de chaque file de châssis.

La fonte est refondue dans deux cubilots, soufflés sous une pression de 0 m. 80 d'eau soit par un ventilateur Krigar, soit par un ventilateur Farcot. La coulée se fait près de la fosse circulaire; une grue de 20 tonnes prend la poche et la transmet à la grue à pivot si on veut couler de gros tuyaux, ou bien la dépose sur un wagonnet, si la coulée doit se faire dans une autre halle.

Dans son état actuel, l'usine peut produire 1,800 tonnes de tuyaux, raccords, etc., bien qu'une grande partie de son matériel ait été envoyée à Savone.

Fonderie de tuyaux de Savone. — Ce deuxième établissement, créé vers 1892, a été aménagé plus systématiquement que celui de Terni. L'atelier est formé par une grande halle à trois travées, ayant 61 mètres sur 46 mètres: dans une annexe latérale sont trois cubilots Krigar, à réservoir, pouvant fondre 8 tonnes à l'heure; ils sont soufflés, sous une pression de 0 m. 80 d'eau, par un ventilateur Krigar.

Les poches de coulée sont transportées par un pont roulant de 10 tonnes, à transmission par câbles.

La fosse de coulée est rectangulaire; elle a 39 mètres sur 19 mètres, avec trois profondeurs, 5 m. 35, 4 m. 40 et 3 m. 50 pour les tuyaux gros, moyens et petits. Les

châssis sont disposés en files parallèles et supportés par de fortes poutres en fer. Sur deux côtés de la fosse existe un espace libre de 5 mètres de large; une galerie, communiquant avec la cheminée des chaudières de la fonderie, haute de 53 mètres et de 3 mètres de diamètre, assure la ventilation de l'ensemble.

Le service de la section des gros tuyaux est fait par un pont roulant de 15 tonnes; celui de la section moyenne, par un pont de 10 tonnes et un de 5 tonnes; celui de la section des petits tuyaux, par sept grues à chariots mobiles sur rails aériens.

Tous les ponts roulants sont électriques, à courant triphasé; le courant leur est fourni par un alternateur de 400 ampères, fonctionnant à 110 volts. Les mouvements obtenus sont très rapides.

La moitié postérieure de la halle est occupée par la fabrication des noyaux. Pour la fabrication des tuyaux gros et moyens, on emploie 8 tours à noyaux et 12 étuves. A la sortie des quatre dernières étuves, les noyaux peuvent être saisis par les ponts roulants qui les mettent en place.

La section des petits tuyaux comprend 12 tours à noyaux et 19 étuves à chariot mobile sur rails. Un chariot transbordeur circule dans une fosse devant les étuves et permet d'introduire un chariot quelconque dans une étuve quelconque. Les étuves sont chauffées à la houille; les fumées vont, par des conduits souterrains, à la cheminée des chaudières.

Le sable qui tombe au fond de la fosse au cours du démoulage est extrait au moyen d'une noria et employé à nouveau après préparation.

Les tuyaux, après ébarbage, sont transportés à la halle des essais où se trouvent trois presses hydrauliques de grosseurs différentes.

Le goudronnage s'effectue par immersion verticale dans un bain de goudron. L'installation comporte trois groupes formés chacun d'une grue à pivot (une à vapeur et deux hydrauliques), d'une étuve de réchauffage, d'une bâche à goudron et d'une fosse d'égouttage.

L'installation de Savone permet de produire journellement 710 tuyaux de tous diamètres, correspondant à un poids de 120 tonnes environ.

Terni. Fonderie de pièces diverses. — L'atelier de fonderie de pièces diverses a dû être puissamment outillé à Terni, parce que l'entretien du matériel de l'aciérie exige de temps à autre la coulée de lingotières de 60 tonnes ou de marteaux de 90 tonnes pour le grand pilon. La halle, de 38 mètres sur 10, est desservie par un pont roulant de 90 tonnes. A une de ses extrémités se trouve une étuve de 7 mètres de hauteur; les deux fosses de coulée, situées au milieu de l'atelier, ont 8 mètres de profondeur.

Il existe deux cubilots pouvant fondre l'un 16 tonnes, l'autre 6 tonnes à l'heure, et deux grands réservoirs pouvant emmagasiner chacun 50 tonnes de fonte liquide. Les cubilots sont soufflés par un ventilateur Farcot, de 2 m. 50 de diamètre, accouplé directement à une turbine de 100 chevaux. Le vent leur est amené par une conduite souterraine en maçonnerie, de 1 mètre de diamètre et de 135 mètres de longueur.

La fonderie possède un jeu de châssis dont le poids total est de 1,300 tonnes et dont le dépôt occupe une surface de 3,800 mètres carrés. Les manœuvres sont effectuées par une grue à chevalet de 9 m. 50 d'ouverture et de 30 tonnes de puissance, et par deux grues de 15 et de 3 tonnes.

La fonderie de bronze possède quatre fours à creusets, deux étuves, une grue à pivot et un petit pont roulant.

Savone. Fonderie de pièces diverses. — A Savone, la fonderie de pièces diverses dispose d'un outillage important encore, mais notablement moins puissant. Elle occupe un bâtiment de 70 mètres de long formé de deux travées de 12 mètres d'ouverture.

Ces travées sont desservies par deux ponts roulants de 20 et de 15 tonnes, mus par l'électricité, et de huit grues à pivot pour les manœuvres secondaires.

A une extrémité du bâtiment se trouvent six étuves, dont le tirage est assuré par une cheminée de 20 mètres de hauteur. Les cubilots sont au nombre de deux, pouvant couler chacun 6 tonnes à l'heure.

Une fonderie de cuivre, installée dans un petit bâtiment voisin, possède trois fours de fusion, une étuve et une grue de manœuvre.

L'ensemble des fonderies de Savone est desservi par une machine à vapeur de 110 chevaux, sans compter la grue de 6 chevaux qui fonctionne pour le goudronnage des tuyaux.

La Société de Terni avait exposé une série intéressante de tuyaux, depuis le diamètre de 0 m. 02 jusqu'à celui de 1 m. 25, coupés suivant leur axe; rien n'indiquait d'ailleurs si ces échantillons provenaient de Terni ou de Savone.

Portugal. — La Société Fundição de Ouro, à Porto (Portugal), avait exposé quelques tuyaux de petits diamètres, dont l'exécution n'avait rien de remarquable.

Russie. — Les moulages qui figuraient dans la section russe se rattachaient pour la plupart à la Classe 65. Tout au plus quelques-uns de ceux de la Société de Toula ou de l'Usine de Kychtym auraient-ils pu être revendiqués par la Classe 64. Ils étaient d'ailleurs d'une bonne exécution, surtout ceux de l'usine de Kychtym, dont les moulages artistiques étaient tout à fait hors de pair.

MOULAGES EN FONTE TREMPÉE.

La propriété que présentent certaines fontes, coulées dans d'épais moules métalliques, d'acquérir superficiellement une dureté considérable tout en conservant, à partir d'une certaine distance de la surface, une ténacité assez élevée, a été utilisée en vue d'applications assez variées. A un moment donné, on en a largement tiré parti pour la fabrication de projectiles destinés à perforer les blindages en fer et pour celle des coupoles cuirassées. Ce sont aujourd'hui les aciers spéciaux, forgés et trempés qui forment la matière des obus de rupture; dans la construction des coupoles cuirassées, on emploie encore une certaine quantité de fonte trempée, mais en proportion bien moindre qu'autrefois.

Parmi les applications intéressantes de ce mode spécial de moulage, il convient de citer d'abord la fabrication des cylindres à surface durcie, servant au finissage des tôles. Cette fabrication a été pendant longtemps la spécialité exclusive de certaines usines du Staffordshire qui employaient comme matière première des fontes truitées de Suède, ne contenant que des traces de soufre et de phosphore. Une longue expérience avait appris à ces usines qu'il fallait donner aux coquilles de moulage un poids considérable pour assurer à la zone trempée une épaisseur convenable et une grande dureté.

Les procédés de fabrication des cylindres à surface trempée ont fini par se répandre en dehors du Staffordshire; il existe aujourd'hui, sur le continent européen, un certain nombre d'usines qui les appliquent avec succès. En France, on peut citer la maison Aug. Delattre et Cie, à Ferrière-la-Grande (Nord), qui peut fabriquer des cylindres du poids de 50 tonnes : son exposition, fort intéressante à d'autres points de vue, n'en présentait aucun échantillon.

Dans les sections étrangères, la fabrication des cylindres trempés était représentée par la Société anonyme Ganz et Cie, de Budapest, et surtout par la Societa italiana metallurgica Franchi-Griffin, dont le siège est à Gênes et l'usine à Brescia. Cette dernière société avait exposé des cylindres trempés de dimensions moyennes, présentant extérieurement une bonne apparence. Pour faire apprécier leur résistance à l'usage, elle avait présenté une liste d'une trentaine d'établissements métallurgiques auxquels elle avait fait ou devait faire des fournitures de cylindres. Ces établissements étaient situés en Italie pour la plupart; on remarquait sur la liste cependant quelques usines étrangères telles que le Creusot et les usines de Zólyom et de Krompach, en Hongrie.

Le débouché le plus important des moulages en fonte trempée est actuellement la fabrication des roues de véhicules de chemins de fer et de tramways. Son importance varie d'ailleurs beaucoup d'un pays à l'autre suivant les traditions admises dans l'exploitation des voies ferrées et suivant la réglementation qui leur est imposée.

En France, l'ordonnance du 15 novembre 1846 a interdit de faire entrer aucun véhicule muni de roues en fonte dans la composition des trains de voyageurs circulant sur les lignes d'intérêt général. Cette interdiction a eu, en fait, pour conséquence la suppression absolue de la circulation, sur ces lignes, des véhicules en question, dont l'utilisation s'est trouvée limitée aux tramways ou aux petites voies de mines. Les roues en fonte trempée sont d'un usage assez fréquent dans le matériel de ces dernières voies : l'usine de Fourchambault, appartenant à la Société de Commentry, Fourchambault et Decazeville, en avait présenté une série importante pour wagonnets de mines.

Dans certains pays, tels que l'Allemagne, l'Autriche, la Russie, il n'existe d'autre restriction à l'emploi des roues en fonte trempée que l'interdiction de leur appliquer des freins. Aussi la fabrication de ces roues a-t-elle pris dans ces pays une extension considérable depuis longtemps déjà; elle s'est développée notamment dans les usines Gruson, à Magdebourg, et Ganz, à Budapest. Cette dernière usine avait exposé quelques spécimens de sa fabrication et des matières premières qu'elle emploie. Ce sont des fontes d'un gris clair ou truitées, fabriquées au charbon de bois à Govasdia, près Vajda Hunyad, à Merény et surtout au haut fourneau de Topousko (Croatie) qui appartient à la Société Ganz et Cie. Aucune analyse de ces fontes n'avait été produite; mais d'après la composition donnée pour le minerai traité on peut admettre que, dans celles de Topousko, la proportion de phosphore ne dépasse pas 0.1 p. 100 et celle de soufre, 0.06 p. 100. Les fontes employées présentent une résistance à la rupture de 24 kilogrammes par millimètre carré, à la traction, et de 40 à 50 kilogrammes, à la flexion. La flèche, au moment de la rupture par flexion, est de 12 à 14 millimètres pour un intervalle de 0 m. 315 entre les points d'appui.

Les roues trempées exposées par la maison Ganz et Cie étaient destinées les unes à des véhicules de tramways, les autres à des véhicules de voies normale. Quatre de ces dernières avaient été en service pendant une période de vingt-six à vingt-huit années et avaient fait un parcours d'environ 400,000 kilomètres : elles étaient encore en bon état.

Malgré les résultats déjà satisfaisants obtenus avec son ancien procédé de fabrication, la maison Ganz et Cie a récemment abandonné celui-ci pour adopter le système de M. Griffin, de Buffalo (États-Unis). Elle manifeste une confiance très grande dans les résultats obtenus et va presque jusqu'à affirmer la possibilité d'appliquer en toute sécurité le freinage sur des roues fabriquées suivant ce système.

En Amérique, les roues en fonte trempée sont employées depuis longtemps et en grand nombre. On n'emploie pour leur fabrication que des fontes au charbon de bois et à l'air froid, sans se préoccuper beaucoup, semble-t-il, de leur teneur en phosphore. Certaines de ces fontes ne contiennent sans doute qu'une faible proportion de ce corps; c'est probablement le cas de celles du haut fourneau de Radnor (Canada), déjà mentionné comme traitant des minerais de lacs d'une pureté exceptionnelle.

Mais les analyses suivantes, notamment celle des fontes portant la marque Salisbury

IMPRIMERIE NATIONALE.

(Connecticut) qui jouit aux États-Unis d'une réputation équivalente à celle de Radnor, montrent qu'on emploie souvent des fontes assez phosphoreuses :

	FONTE SALISBURY. — p. 100.	ROUES RETIRÉES DU SERVICE Composition moyenne. — p. 100.
Graphite	3.073	3.25 à 3.75
Carbone combiné	0.472	
Silicium	0.890	0.75 à 0.85
Manganèse	0.480	0.50
Soufre	0.098	0.10
Phosphore	0.254	0.45

La deuxième série de chiffres représente les résultats donnés par l'analyse de roues ayant fait un long service et considérées par suite comme de bonne qualité.

La condition la plus importante paraît être le dosage en silicium, qui doit être compris entre 0.8 et 0.9 p. 100; avec cette proportion la trempe se ferait sentir, dit-on, sur une épaisseur de 0 m. 012 environ. La proportion de manganèse ne doit pas dépasser 0.5 p. 100, sinon toute la masse pourrait rester blanche après solidification et, par suite, manquer de ténacité.

Avec une pareille composition pour la fonte brute, la proportion des débris de vieilles roues qu'on peut repasser est très limitée.

En dehors du choix de la matière première, la fabrication présente une difficulté spéciale, le risque de fissures au cours du retrait après solidification. Pour atténuer ce risque, on consolide le disque de la roue par des nervures courbes partant du moyeu; on coule la fonte aussi froide que possible et on se sert d'une coquille extérieure très épaisse, pour hâter la solidification de la surface de roulement; enfin on démoule les pièces aussitôt solidifiées et on les entasse dans des étuves en briques réfractaires où elles se refroidissent très lentement.

M. Griffin, qui exploite à Buffalo (États-Unis) une usine de fabrication de roues trempées, y applique une formule spéciale qu'il cherche à propager en Europe. D'après la Société Ganz et Cie, qui l'a adoptée, cette formule serait caractérisée :

1° Par une composition spéciale, non définie d'ailleurs, du mélange de fontes employé;

2° Par un refroidissement lent des roues, à partir de la coulée et pendant six à huit jours, de manière à faire disparaître les tensions intérieures;

3° Par un polissage de la jante obtenu au moyen d'appareils spéciaux.

Cette dernière opération ne relève pas précisément de la métallurgie.

Sur le premier point, il est difficile de se prononcer, en l'absence d'indications précises; peut-être M. Griffin s'est-il rendu compte de l'avantage qu'il y aurait à se servir de fontes moins phosphoreuses que celles employées ordinairement aux États-Unis. Quant au deuxième point, le refroidissement lent dans des fosses couvertes de sable, nous de-

vons rappeler que ce procédé était appliqué aux États-Unis avant 1873 (voir Couche, *Voie, Matériel roulant, etc.*, t. II, p. 138); sa nouveauté est donc contestable.

Les procédés de M. Griffin sont appliqués actuellement en Europe par l'usine Ganz et Cie, que nous venons de citer, par la Société italienne métallurgique Franchi-Griffin, dont nous avons déjà mentionné les cylindres trempés, enfin par la Société française métallurgique (procédés Griffin) annexée à l'usine de Gorcy et associée avec elle dans son exposition. Cette dernière avait présenté des roues de tramways, fabriquées en partie avec des fontes au charbon de bois, produites à Gorcy, en partie avec des fontes de Radnor (Canada).

On peut se demander si, étant donnée la tendance actuelle à une application de plus en plus étendue du freinage au matériel roulant, il est bien opportun de développer l'emploi des roues en fonte dans ce matériel; c'est là une question qui n'est pas précisément du ressort de la métallurgie.

FABRICATION DU FER ET DE L'ACIER SOUDÉS.

La fabrication du fer et de l'acier soudés est partout en voie de décroissance; cette tendance est particulièrement accentuée en ce qui concerne les procédés de réduction directe.

Réduction directe. — Ces procédés, sous leurs formes primitives, ont disparu presque partout; c'est à peine si on peut en retrouver çà et là quelques vestiges. En France, il ne restait en activité, en 1899, que deux foyers catalans situés dans les Pyrénées-Orientales; ils avaient produit 121 tonnes de fer dans l'année.

Dans l'exposition de la Classe 64, la production directe du fer n'était représentée que dans la section japonaise; encore la méthode suivie dans ce pays présente-t-elle un caractère mixte. Les indications qui ont été fournies plus haut font ressortir qu'elle donne lieu simultanément à la production de fer ou d'acier qu'il suffit de soumettre à un travail de forge, et d'une certaine quantité de fonte que l'on doit affiner au bas foyer.

La méthode japonaise doit donc être considérée comme un type de transition; elle tend à être remplacée, dans son pays d'origine, par les procédés perfectionnés importés d'Europe ou d'Amérique.

Les nombreuses tentatives ayant pour objet de réaliser la réduction directe par des procédés nouveaux n'ont abouti à aucun résultat pratique.

Affinage au bas foyer. — L'affinage de la fonte au bas foyer a conservé un peu plus d'importance industrielle que les procédés de réduction directe des minerais; néanmoins il est, comme ces derniers, en voie de rétrogradation bien marquée.

En France, il ne reste en activité qu'un petit nombre de feux d'affinerie. On peut citer notamment ceux, au nombre de trois, qui servent dans l'usine de Dieulouard (Meurthe-et-Moselle) à la production d'un acier de qualité spéciale, demandé par la coutellerie de Langres et de Châtellerault. Chaque bas foyer traite, par vingt-quatre heures, deux charges de 100 kilogrammes de fonte chacune.

La Suède est le seul pays où la production du fer au bas foyer ne montre pas de tendance sensible à la diminution.

On y emploie deux variantes de cette formule de travail, la méthode wallonne et la méthode du Lancashire. La variante comtoise, introduite en Suède en 1853 seulement, s'était répandue dans un grand nombre d'usines de ce pays pendant la période 1860-1870; elle est à peu près abandonnée aujourd'hui.

La méthode wallonne, introduite en Suède vers le milieu du XVIIe siècle, y est encore en usage pour la fabrication des fers destinés à la cémentation. Elle est caractérisée : 1° par la prédominance de l'affinage par le vent, affinage facilité par l'écoulement de la fonte goutte à goutte devant la tuyère; 2° par le faible poids (40 kilogrammes environ) des

loupes obtenues; 3° par leur réchauffage dans un bas foyer distinct avant de subir l'étirage en barres. La production n'est que de 10 tonnes par semaine et par foyer, le déchet, de 20 p. 100 par rapport au poids de fonte employée, la consommation de charbon de bois, de 21 mc. 4 par tonne de fer en barres. Le prix de revient est donc fort élevé; en compensation, le produit est d'une pureté exceptionnelle. Obtenu avec des fontes provenant des minerais de Dannemora, il arrive à ne contenir que 0.004 à 0.006 p. 100 de phosphore, avec des traces de soufre (usine d'Iggesund).

La méthode dite du Lancashire est beaucoup plus économique : elle a eu pour origine des essais faits en Angleterre vers 1820, essais dont les résultats furent utilisés par le maître de forges suédois G. Ekman. Les foyers servant à son application sont le plus souvent munis de deux tuyères, placées sur les parois latérales, de part et d'autre de la porte de travail; leur sole inférieure est refroidie par une bâche à eau. Ils sont recouverts d'une voûte; les flammes qui en sortent passent d'abord sur une petite sole où elles réchauffent la fonte destinée à l'opération suivante, puis à travers un petit appareil tubulaire en fonte servant au chauffage du vent. On adjoint souvent au bas foyer d'affinage un réverbère chauffé à la houille, au bois ou à la tourbe, et servant à porter les massiaux à la température d'étirage.

Dans ces conditions, en affinant des fontes blanches dont la teneur en silicium ne dépasse pas 0.03 à 0.05 p. 100, on produit 10 tonnes de massiaux par semaine et on consomme 6 mc. 5 de charbon de bois par tonne de fonte. La consommation serait de 14 mètres cubes si le réchauffage se pratiquait au bas foyer. Le fer obtenu par la méthode du Lancashire est un peu moins pur que celui obtenu par la méthode wallonne. D'après les indications fournies par l'usine d'Iggesund, ce fer, produit avec les mêmes fontes de Dannemora que le fer wallon mentionné ci-dessus, tiendrait 0.006 p. 100 à 0.010 p. 100 de phosphore au lieu de 0.004 à 0.006 p. 100.

Le puddlage au bois n'a pas réussi, en Suède, à se substituer à l'affinage au bas foyer, comme il l'a fait dans beaucoup de districts consommant surtout du combustible végétal. C'est au bas foyer qu'est obtenue la presque totalité de la production suédoise de fer soudé, s'élevant à environ 300,000 tonnes par an.

Le district de l'Oural, où la production de la fonte au bois est plus importante qu'en Suède, est loin d'arriver à un chiffre de production équivalent pour l'affinage au bas foyer, autant du moins qu'on peut en juger en l'absence de statistiques précises.

L'emploi du bas foyer s'y restreint d'année en année : des trois grandes usines sidérurgiques du district qui étaient représentées à l'Exposition, l'une, celle de Lysva, semble ne plus faire usage de cet appareil; celle de Kychtym a encore en activité seize feux comtois soufflés au vent chaud, mais elle s'en sert surtout pour souder des riblons et leur préfère les fours à puddler pour l'affinage de la fonte; enfin les établissements Paul Demidoff n'appliquent plus l'ancien procédé que dans une seule usine du groupe de Taguil, celle de Tchernoistochinsky, où 11 feux comtois fonctionnent encore pour la production du fer destiné à la cémentation.

Le procédé comtois n'a été introduit dans l'Oural que dans le cours de la première

moitié du XIXe siècle; il remplaçait les anciens bas foyers allemands, de grandes dimensions, dans lesquels on a obtenu, à une certaine époque, des loupes pesant jusqu'à 80 pouds (1,360 kilogrammes) pour tôles à chaudières.

Pour toutes les fabrications courantes, il a été remplacé à son tour par le four à puddler d'abord, par le four Siemens-Martin ensuite; on l'a conservé seulement pour la fabrication des barres à cémenter, à raison de la qualité exceptionnelle qu'il permet d'obtenir.

Les barres de cémentation sont ordinairement de section plate; cependant on fabrique et on cémente, dans les usines de Taguil, une certaine quantité de barres carrées, de 0 m. 038 à 0 m. 053 de côté, qu'on lamine ou que l'on étire au marteau, après cémentation, à une dimension moyenne de 0 m. 019 sur 0 m. 019. Cette fabrication d'acier cémenté et étiré ne représente guère qu'une centaine de tonnes par an.

La cémentation se fait dans des fours à deux caisses, dont la chauffe est disposée de manière à permettre de brûler des souches et du menu bois. La consommation de combustible est extrêmement élevée dans cette opération : elle atteint, en tout, le chiffre de 51.37 stères de bois par tonne d'acier cémenté.

PUDDLAGE.

L'emploi du four à puddler pour l'affinage de la fonte est en voie de décroissance sensible, ainsi qu'il résulte des chiffres que nous avons donnés au commencement de ce travail. Mais le puddlage comporte des variantes nombreuses dont certaines paraissent devoir subsister longtemps encore : on vient de voir, par exemple, que le puddlage au bois se substitue, dans l'Oural, à l'affinage au bas foyer; d'autre part, le puddlage chaud de fontes fines, pratiqué à la houille, conserve encore, dans certains districts, une importance réelle, soit pour la production directe d'acier soudé, soit pour celle des barres plus ou moins carburées, servant à la fabrication d'acier brut que l'on refond ensuite au creuset ou sur sole.

Dans ce dernier cas, on peut employer le puddlage mécanique et se contenter d'un cinglage énergique des massiaux avant leur introduction dans le four Siemens-Martin. Cette formule de travail est en usage au Creusot et à Terni.

Il convient de remarquer que dans les statistiques la production du fer de riblons est généralement confondue avec celle du fer puddlé; il est d'ailleurs difficile, en pratique, d'établir une distinction bien nette entre les deux modes de fabrication. Nous ne pouvons donc faire autrement que de mentionner dans ce chapitre un certain nombre d'usines présentant un caractère mixte ou même se livrant exclusivement au soudage des vieux fers.

Il n'a été apporté, depuis une dizaine d'années, aucun perfectionnement de quelque importance au travail de puddlage. Les dispositions ayant pour objet une meilleure utilisation de la chaleur dans le four lui-même, telles que les systèmes Springer et Pietzka, remontent en général à une date antérieure à 1889. Leur absence d'application dans l'Europe occidentale se justifie par des raisons d'ordre économique. Les usines disposant de combustibles d'un pouvoir calorifique élevé ont tout intérêt à employer à la production de puissance motrice la chaleur non utilisée dans le four; elles y arrivent en plaçant une chaudière à la suite de celui-ci. C'est pour cette raison que le type Siemens, en fer à cheval, moins compliqué que le type Springer, n'a reçu, comme ce dernier, qu'un nombre restreint d'applications.

Le puddlage de la fonte liquide, dans un four chauffé au gaz, avec réchauffage de l'air secondaire seul dans des empilages Siemens, a été pratiqué couramment à l'usine Bonehill, à Hourpes (près Marchiennes-Belgique). Il est regrettable que l'abstention de cette usine n'ait pas permis d'apprécier, d'après son exposition, les résultats qu'elle a pu obtenir.

Puddlage au bois. — Cette formule d'affinage a manifesté, à une certaine époque, une puissance d'expansion considérable que le développement de procédés plus économiques encore, tels que le procédé Siemens-Martin, est venu restreindre par la suite. On a vu qu'il en a été ainsi en Suède; dans l'Oural, au contraire, le puddlage

C. F. E

au bois continue encore à gagner du terrain, aux dépens de l'affinage au bas foyer. La substitution d'un procédé à l'autre est motivée par la moindre consommation de combustible et surtout par la possibilité de consommer des souches et des débris de bois, combustible de peu de valeur, grâce à l'application des systèmes de chauffage Boétius ou Siemens aux fours à puddler. Aux usines de Kychtym, par exemple, il existe actuellement huit fours Boétius et dix-huit fours Siemens, alimentés avec des souches, menues branches de pin, etc. On y tend actuellement à substituer aux fours Siemens des fours Boétius, tout en se dispensant de faire subir au combustible végétal alimentant ces derniers la torréfaction préalable pratiquée dans d'autres usines. Les loupes sont cinglées soit avec des marteaux à soulèvement, soit avec des marteaux-pilons; les massiaux sont réchauffés et étirés en barres brutes au laminoir.

Aux usines de Taguil, la formule de puddlage a subi diverses modifications successives, justifiées principalement par des variations dans les facilités d'approvisionnement en combustible végétal.

A l'origine, les fours travaillaient tous au bois torréfié; plus tard on supprima la torréfaction et on adopta le type Boétius avec chaudières chauffées par les flammes perdues. Quand le bois a un an au moins de coupe, suivant l'usage du district, ce système donne d'excellents résultats; il aurait été adopté exclusivement si le manque de bois de pin de bonne qualité n'avait obligé à en chercher un autre permettant de brûler des souches, des racines et même de la tourbe. C'est cette dernière considération qui a fait installer des fours Siemens-Springer.

La charge de ces fours est de 400 à 500 kilogrammes de fonte truitée, ou d'un mélange de deux tiers de fonte grise et un tiers de fonte blanche. Les loupes obtenues pèsent normalement 40 à 50 kilogrammes, mais leur poids peut atteindre 100 kilogrammes quand on veut faire du fer de masse de grandes dimensions. Le plus souvent on les étire d'abord, après cinglage au marteau-pilon, en barres brutes de 0 m. 075 sur 0 m. 025; d'autres fois, les loupes sont rechargées dans le four à puddler, après un premier cinglage, puis soumises à un deuxième cinglage après lequel on peut les laminer directement, en une seule chaude, en billettes pour fers marchands ou en largets pour tôles fines. Quelquefois même, quand on veut obtenir du fer de qualité tout à fait supérieure, on les réchauffe de nouveau dans un four spécial, après le deuxième cinglage, et on les cingle une troisième fois avant de les laminer.

Pour la fabrication des fers ordinaires, les barres brutes sont paquetées, puis réchauffées et laminées en barres carrées.

Pour obtenir les gros fers, dont la section est supérieure à celle des barres carrées de 0 m. 042 de côté, on procède à une mise en paquets de largets de fer corroyé et à un étirage de ces paquets en deux chaudes.

Les fers de Taguil donnent en moyenne une résistance à la rupture de 30 kilogr. 6 par millimètre carré, avec un allongement de 31.7 p. 100 sur éprouvettes de 200 millimètres. La striction correspondante est de 49.9 p. 100. C'est donc un métal d'une ductilité exceptionnelle. On peut obtenir des résultats au moins équivalents au four

Siemens-Martin, tout en réalisant une économie de 10 p. 100 environ sur la consommation de combustible. La substitution d'un procédé à l'autre était donc tout indiquée : elle a été retardée pendant un certain temps par les doutes que l'on avait au sujet de la possibilité de souder bout à bout le fer fondu avec la même facilité que le fer soudé. La question est tranchée aujourd'hui dans un sens favorable; la suppression du puddlage à Taguil n'est donc plus qu'une question de temps.

Puddlage pour fers fins et pour acier. — Le puddlage bouillant de fontes fines est encore pratiqué dans un assez grand nombre d'usines. En France, le centre principal de cette fabrication est la Loire, où elle est pratiquée par l'usine d'Assailly, avec six fours à empilages Siemens; par la Compagnie de Saint-Étienne, avec vingt fours à chauffe ordinaires; par l'usine de Firminy, avec un nombre égal; par l'usine d'Unieux, avec dix fours; par l'usine des Étaings (Marrel frères), etc.

Dans le Midi, on peut citer, au même point de vue, l'usine du Saut-du-Tarn, avec huit fours, et l'usine Saint-Antoine (Société métallurgique de l'Ariège) avec seize. Dans le Nord et l'Est, peu d'usines s'adonnent à la fabrication des fers fins et aciers par puddlage; celle de Dieulouard possède cependant trois fours à puddler, faisant par vingt-quatre heures huit charges de 275 kilogrammes de fonte chacune. Les fontes traitées sont principalement des fontes d'hématite provenant de Denain ou d'Isbergues, avec une certaine proportion de fontes spéculaires du pays de Siegen.

L'usine de Gorcy produit également une certaine quantité de fers fins au moyen de fontes pures et manganésifères qu'elle obtient, dans ses propres hauts fourneaux, avec des minerais importés, provenant surtout de Bilbao.

En Styrie, la production de l'acier par puddlage de fontes manganésifères dans des fours chauffés au lignite conserve une réelle importance.

C'est par ce procédé que la maison Böhler frères, de Vienne, obtient la plus grande partie des matières premières qui lui servent à préparer ses aciers de qualité supérieure. Les fours qu'elle emploie sont chauffés au lignite.

En Angleterre, la fabrication de fers fins par puddlage est aujourd'hui bien restreinte : la plupart des usines du Yorkshire qui s'y livraient ont disparu aujourd'hui. La seule qui fût représentée à l'Exposition était la Farnley Iron Company limited, à Leeds; ses produits étaient d'ailleurs d'une qualité très remarquable. Le fer de Farnley, dit *Best Yorkshire*, a une résistance de 36 à 40 kilogrammes par millimètre carré; son allongement avant rupture, mesuré sur des éprouvettes de 0 m. 150, varie entre 30 et 37 p. 100. Il subit avec succès les épreuves les plus difficiles de pliage, de torsion ou de travail de forge.

Ce n'est pas qu'on ait recours à aucun procédé nouveau pour sa fabrication. Tout au contraire, l'usine de Farnley n'a modifié en rien la formule métallurgique qu'elle appliquait lors de sa création, en 1844. La fonte est produite au vent froid, mazée au feu de finerie et enfin puddlée; l'ensemble du travail est conduit avec beaucoup de soin, en employant des charbons peu sulfureux, et en faisant prédominer le martelage sur le laminage.

La Farnley Iron Company limited avait exposé, outre des échantillons ayant subi diverses épreuves de forge et de pliage, un corps intérieur de chaudière, en tôle ondulée, et de grands creusets en fer forgé, pour la fonte des métaux précieux. Un de ces creusets, indiqué comme pouvant contenir des charges de 300 kilogrammes, avait été coupé suivant l'axe, de manière à faire ressortir la régularité et l'homogénéité de sa section.

Cette société a obtenu une médaille d'or.

Fabrication du fer puddlé ordinaire. — La production du fer puddlé de qualité courante se maintient encore à un chiffre important presque partout les pays malgré la concurrence croissante du métal fondu.

Cela tient en grande partie aux habitudes acquises ainsi qu'à un préjugé tenace contre la soudabilité du fer obtenu par fusion. Ce préjugé doit être attribué surtout à la qualification impropre d'acier qu'on a pris l'habitude d'appliquer au fer fondu dans l'Europe occidentale et aux États-Unis. Il est fort exagéré, bien qu'on ne puisse nier que l'interposition de scories entre les grains du fer soudé ne facilite un peu le travail de soudure des barres.

En fait, le puddlage reste en activité, sur une échelle restreinte, il est vrai, dans la plupart des grandes usines, y compris même celles qui ont fait les plus grands efforts pour lui substituer d'autres méthodes d'affinage.

Certains établissements continuent à ne produire que du fer puddlé et à le transformer en barres ou en tôles suivant l'ancienne méthode, c'est-à-dire par cinglage, laminage en barres brutes, cassage et paquetage de ces barres, réchauffage et étirage au laminoir sous forme de profilés divers.

Aucune innovation ne s'étant produite à cet égard depuis une période assez longue, nous joindrons la description de l'élaboration mécanique à celle du puddlage pour les établissements qui ont fourni sur ce point des indications suffisantes, en suivant d'ailleurs le même ordre que dans l'exposé général.

En France, le département de Meurthe-et-Moselle, si important au point de vue de la production de la fonte et de l'acier, ne renferme qu'un nombre assez limité de fours à puddler, une quinzaine à Pompey et quatorze à Gorcy.

Usine de Gorcy. — Ces derniers se décomposent en huit fours simples et six fours doubles, avec soles de réchauffage de la fonte et chaudières chauffées par les flammes perdues; le cinglage et l'étirage se font au moyen de trois pilons et de deux trains actionnés chacun par une machine à vapeur de 80 chevaux, à condensation.

Le fer brut obtenu, représentant près de 20,000 tonnes par an, se répartit à peu près par moitié entre le train-machine, conduit par une machine à condensation, de 600 chevaux, et deux trains à fer marchand, conduits par une machine à condensation, de 320 chevaux. Ces trains ont des cylindres de 0 m. 42 et 0 m. 22 de diamètre

(train cadet); ils sont desservis, conjointement avec le train-machine, par cinq fours à réchauffer, à chaudières horizontales. Leur production est de 12,000 tonnes par an; obtenue avec des fontes plus ou moins manganésifères, cette production comprend surtout des fers de bonne qualité.

La classification adoptée à l'usine est la suivante :

NUMÉROS.	TYPES.		RÉSISTANCE.		ALLONGEMENT.	
			MINIMUM.	MAXIMUM.	MINIMUM.	MAXIMUM.
			kilogr.	kilogr.	p. 100	p. 100.
2	Fer	ordinaire, à nerf	33	35	16	23
3	Fer	maréchal; matériel de chemins ne fer	34	35	19	25
4	Fer	pour boulons spéciaux	35	36	20	27
5	Fer	à nerf pour rivets, boulons, plaques de garde (Compagnie de l'Est)	34	36	20	27
5	Fer	à grain pour rivets, boulons, plaques de garde (Compagnie de l'Est)	35	38	16	18
6	Fer	à nerf pour la marine et l'artillerie	30	37	25	28
6	Fer	à grain pour la marine et l'artillerie	35	38	18	23

Le centre principal de l'industrie du puddlage, en France, se trouve dans le département du Nord; parmi les grandes usines précédemment décrites, la Société de Vezin-Aulnoye possède trente-cinq fours à puddler dans ses usines du Tilleul, près Maubeuge, et de Saint-Marcel, près Hautmont; la Société des hauts fourneaux de Maubeuge, seize fours doubles à Maubeuge; la Société de Denain et Anzin, quarante-deux fours répartis entre ses usines de Denain et d'Anzin; la Société des forges et aciéries du Nord et de l'Est, quarante fours, etc. Nous donnerons quelques détails sur l'atelier de puddlage de cette dernière société et nous décrirons ensuite les principaux établissements se livrant exclusivement à la fabrication du fer soudé.

Forges et aciéries du Nord et de l'Est. — La Société des forges et aciéries du Nord et de l'Est ne possède pas moins de quarante fours à puddler, répartis entre ses deux usines de Pont-de-Trith et du Poirier, près Valenciennes.

La première contient 12 fours à puddler, avec chaudières, 2 marteaux-pilons, 1 train ébaucheur, 3 cisailles à fer brut, 4 fours à réchauffer, avec chaudières, 1 four double à réchauffer au gaz, et 3 trains finisseurs, actionnés par trois machines d'une puissance totale d'environ 1,000 chevaux.

La chute d'eau de 120 chevaux environ, qui avait été l'origine première de la création de l'usine, sert simplement à produire de l'électricité pour l'éclairage et pour un transport d'énergie peu important.

Au Poirier, l'atelier comprend vingt-huit fours, avec chaudières verticales à retour de flamme; les uns sont des fours doubles, traitant des charges de 500 kilogrammes

de fonte, les autres, des fours simples, recevant seulement 250 kilogrammes. Ces fours sont desservis par 3 marteaux-pilons de 2,500 kilogrammes, 1 train ébaucheur trio à trois paires de cages, actionné par une machine verticale de 300 chevaux, et 8 cisailles pour découpage des fers bruts.

Les fers produits sont classés en cinq catégories, définies par les coefficients ci-dessous :

NUMÉROS.	TYPES.		ESSAIS SUR UNE ÉPROUVETTE DE 0m020 DE DIAMÈTRE ET DE 0m200 DE LONG. Résistance en kilogr.	Allongement p. 100.	NOMBRE de CROCHETS À CHAUD sur un rond laminé de 0m 020.	QUALITÉS CORRESPONDANTES.
2	Fer	qualité ordinaire du commerce.....	32-34	6-9	–	–
3	Fer	demi-fort.....	34-37	9-12	4 à 6	4e catégorie des Compagnies de chemins de fer. Ordinaire marine
4	Fer	fort.....	37-38	12-15	6 à 8	3e catégorie des Compagnies de chemins de fer. Ordinaire marine.
5	Fer	fort supérieur.....	38-39	15-20	8 à 10	2e catégorie des Compagnies de chemins de fer. Supérieure marine.
6	Fer	fort extra.....	39-40	20-25	10 à 12	1re catégorie des Compagnies de chemins de fer.

Pour les obtenir, on conduit le travail dans des conditions qui sont résumées dans le tableau suivant :

NUMÉROS.	FONTES CHARGÉES AU FOUR À PUDDLER.	POIDS CHARGÉS par 1,000 KILOGR. DE FER BRUT.	NOMBRE DE CHARGES PAR 12 HEURES.
		kilogr.	
2	Fonte d'affinage Jarville, d'allure moyenne.....	1,130 à 1,140	8
3	2/3 fonte d'affinage Jarville, très chaud..... 1/3 fonte Thomas ordinaire Jarville.....	1,140 à 1,150	7
4	Fonte Thomas spéciale Jarville.....	1,160 à 1,170	6
5	1/2 fonte Thomas ordinaire Jarville..... 1/2 fonte Bessemer blanche.....	1,175 à 1,185	5
6	Fonte Bessemer spéciale.....	1,185 à 1,220	4

Les paquets provenant du puddlage sont réchauffés dans neuf fours Bicheroux, soufflés par un ventilateur. Les plus petits de ces fours sont groupés deux par deux pour chauffer des chaudières verticales à flamme renversée; les plus grands chauffent des chaudières aquatubulaires présentant de grandes surfaces.

Le laminoir comprend quatre trains sur une seule ligne :

1° et 2° Deux trains trios, de 0 m. 250 de diamètre, actionnés au moyen d'engrenages par une machine verticale de 350 chevaux;

3° Un train trio de 0 m. 550 de diamètre, à cinq paires de cages, actionné par une machine verticale de 400 chevaux tournant à la vitesse de 100 tours par minute;

4° Un train trio de 0 m. 650 de diamètre, à trois paires de cages, mû par une machine verticale de 500 chevaux pouvant tourner à 500 tours par minute.

La halle des laminoirs renferme un grand nombre d'outils de parachèvement, tels que dresseuses, cisailles, fraiseuses, poinçonneuses, etc.

Société de Ferrière-la-Grande. — Les usines de la Société anonyme des établissements métallurgiques de Ferrière-la-Grande (Nord) sont les plus anciennes de la région du Nord de la France; elles ont été fondées en 1830. Elles se subdivisent en deux parties distinctes : la plus importante, dite *la Grande-Forge du Bois-Castiau*, comprend 15 fours à puddler, 5 feux de chaufferie, 1 squeezer, 2 marteaux-pilons, 1 train ébaucheur et 4 trains finisseurs, avec 4 grandes machines et 25 chaudières; l'autre, dite *le Petit-Mill,* comprend 4 fours à puddler, 1 feu de chaufferie, 1 marteau-pilon, 1 train ébaucheur, 1 train finisseur pour petits fers, 2 machines à vapeur et 4 chaudières.

Elles fabriquent des fers marchands, des poutrelles, des cornières, de petits rails, des profilés divers, enfin des fers dits *rustiques,* obtenus par laminage. Cette dernière spécialité, qui sert surtout à l'exécution de grilles de clôture, ne représente guère que 200 tonnes par an; c'est une fraction très faible de la production totale de l'usine, qui s'élève à un chiffre de 22,000 à 25,000 tonnes.

La Société de Ferrière-la-Grande avait exposé des échantillons de ses diverses fabrications, avec des spécimens d'essais destinés à montrer la qualité de ses produits. Elle a obtenu une médaille d'or.

Forges de Vireux-Molhain. — La même récompense a été attribuée à la Société anonyme des forges de Vireux-Molhain, à Vireux-Molhain, dont l'exposition était assez analogue à la précédente. L'usine comprend 22 fours à puddler, 13 fours à réchauffer ordinaires ou du type Siemens, 1 train ébaucheur, 1 train pour gros profilés, 1 train universel, 1 train marchand et 3 petits trains. Chaque train a sa machine spéciale. La puissance motrice totale représente 1,600 chevaux. Les machines accessoires sont actionnées électriquement, par une station centrale développant 210 chevaux. L'usine comprend une fonderie livrant annuellement 3,000 tonnes de fonte moulée, fonderie dont aucun produit n'était exposé. La production annuelle de fer brut est de 24,000 tonnes; celle des laminés atteint 30,000 tonnes, parce que la Société de Vireux-Molhain achète dans l'Est une certaine quantité de lingots d'acier. Elle projette la construction de fours Siemens-Martin afin de produire elle-même ces lingots.

Belgique. — En Belgique, la production du fer soudé conserve une grande importance; elle était représentée à l'Exposition par trois établissements considérables qui s'y adonnent spécialement, sans parler des Sociétés de l'Espérance-Longdoz et de la Providence, déjà mentionnées à d'autres titres.

Forges de Clabecq. — Les Forges de Clabecq, à Clabecq, près Hal (Belgique), ont une origine fort ancienne, remontant au moins au milieu du XVIIIe siècle, mais leur développement remonte à l'année 1850, époque à laquelle M. Goffin-Mathieu y installa un laminoir à fer. La transformation de l'affaire en société anonyme a été effectuée en 1888 seulement.

La surface des usines est de 7 hectares; le personnel, de 1,350 ouvriers; la production annuelle, de 35,000 à 39,000 tonnes de fers divers. Cette production se compose de fers marchands, poutrelles, profilés très variés, tôles de construction et tôles de chaudières, larges plats, essieux et pièces forgées diverses, enfin moulages en fonte. Comme matières premières, les Forges de Clabecq emploient des fers bruts qu'elles produisent par puddlage de fontes, soit d'origine belge, soit provenant de Longwy, et des lingots d'acier qu'elles achètent au dehors. Elles disposent de 2 trains ébaucheurs, 4 marteaux-pilons, 2 trains finisseurs pour gros fers, 2 trains finisseurs pour petits fers (chacun de ces trains étant conduit par une machine spéciale), 1 train à tôles fines, à trois cages, 2 trains à grosses tôles, de trois cages chacun et actionnés par 2 machines de 800 chevaux.

La force motrice totale est de 2,700 chevaux; elle est répartie entre 42 machines.

La Société des forges de Clabecq a obtenu un grand prix.

Fabrique de fer de Charleroi. — La Fabrique de fer de Charleroi (Belgique) est une société anonyme dont le capital a été élevé, le 11 novembre 1899, de 1,100,000 francs à 2,200,000 francs, en vue d'accroître sa puissance de production dans sa spécialité exclusive, la fabrication des tôles de fer. Actuellement, elle dispose de 16 fours à puddler, 2 pilons de 2,500 kilogrammes pour cinglage, 1 train de puddlage à 4 cages, 2 fortes cisailles doubles, 4 fours à réchauffer, 1 four à chauffer les masses, 3 fours à recuire, 1 pilon de 5 tonnes pour préparer les brames, 1 train à grosses tôles, 1 train trio Lauth, 1 train universel, 1 train à tôles fines et 6 cisailles. Sa production est de 23,000 tonnes par an; elle sera portée à 36,000 tonnes par l'installation d'un nouveau train à grosses tôles, permettant d'obtenir des largeurs de 2 m. 75. Jusqu'ici, la largeur maxima atteinte paraît avoir été de 2 m. 25, chiffre correspondant au diamètre d'un disque circulaire, de 0 m. 018 d'épaisseur, qui figurait à l'Exposition, avec de nombreuses éprouvettes faisant ressortir les qualités mécaniques du métal employé.

La Fabrique de fer de Charleroi a reçu du Jury une médaille d'argent.

V. Demerbe et Cie. — La maison V. Demerbe et Cie, à Jemmapes (Belgique), élabore surtout le fer puddlé; un tiers seulement de sa production de laminés est obtenu au moyen de lingots d'acier achetés au dehors. Son personnel est de 700 ouvriers, plus

100 femmes; sa production annuelle, de 34,000 à 35,000 tonnes de fers marchands, fers profilés, rayons de roues, rails de tramways, etc. Le manque de place avait obligé cette maison à restreindre beaucoup son exposition.

Le Jury lui a décerné une médaille d'argent.

Russie. *Usine de Yousovo.* — En dehors de la France et de la Belgique, un seul établissement avait fourni quelques détails sur le fonctionnement de ses fours à puddler : c'est l'usine de Yousovo, appartenant à la Société houillère et métallurgique de la Nouvelle-Russie.

Cet établissement possède 18 fours à puddler, recevant des charges de 220 kilogrammes de fonte et passant 12 charges par 24 heures. Le déchet est de 10 à 15 p. 100 et la consommation de houille de 1,200 kilogrammes par tonne de fer brut. Les loupes sont cinglées sous un marteau-pilon et envoyées ensuite à un train à trois cages, actionné par une machine de 240 chevaux.

La production du fer puddlé a subi, à Yousovo, une décroissance bien marquée depuis deux ans; en 1897, elle avait atteint 20,157 tonnes, chiffre qui n'avait jamais été obtenu jusque-là; en 1899, elle s'est abaissée à 10,656 tonnes. Cette diminution rapide paraît devoir être attribuée à la mise en marche de convertisseurs Bessemer en mai 1897.

Fabrication du fer de riblons. — La transformation de la ferraille soit par soudage au four à réchauffer, soit par fusion au four Siemens-Martin, est une opération qui présente partout une certaine importance économique. Les deux seules sections de la Classe 64 dans lesquelles on trouvât quelques renseignements à cet égard étaient les sections française et italienne; dans la deuxième, ils se limitaient à la transformation par fusion. C'était seulement dans la section française qu'on rencontrait des usines ayant pour objet principal le soudage des vieux fers.

Usine de Clairvaux. — L'une d'elles présentait un caractère mixte; c'était celle de Clairvaux (Aube), appartenant à M. Louis Gasne, rue du Faubourg-du-Temple, 83, à Paris.

La spécialité de cette usine est la production de fers profilés, de forme compliquée, destinés à la serrurerie et à certaines constructions spéciales, de fers ornés, de feuillards très minces à partir de 0 m. 0004 d'épaisseur, etc. L'usine occupe 250 ouvriers et produit, en moyenne, 7,500 tonnes par an. Elle produit elle-même, par puddlage de fontes de l'Est et par soudage de vieille ferraille, les fers qu'elle emploie; pour obtenir les profilés en métal fondu, elle fait venir des blooms de Longwy. Son exposition présentait une série intéressante de profilés souvent très compliqués et d'une exécution difficile, qui trouvent leur emploi dans la construction des roues, des vitrages, des devantures de magasins, des coffres-forts, etc. M. Louis Gasne a obtenu une médaille d'argent.

Usine de Grenelle. — La plus importante des usines françaises s'occupant exclusivement de la production du fer de riblons est l'usine de Grenelle, appartenant à la Société des aciéries de France. Cette usine a été décrite dans le même chapitre que l'établis-

sement principal de la Société, situé à Isbergues; elle vient, d'ailleurs, de subir un dédoublement, accompagné d'une modification de sa formule de travail, par suite de la création de l'usine de Javel, destinée à la production du métal fondu sur sole basique.

Usine d'Aubervilliers. — La Société anonyme des laminoirs de Saint-Victor (antérieurement Paul Bloch et Cie), à Aubervilliers (Seine), fabrique exclusivement des fers marchands par soudage de ferraille achetée à Paris. Elle possède actuellement 2 fours à réchauffer et 1 petit train; son personnel est de 170 ouvriers et sa production de 800 tonnes par mois environ. Elle a installé en 1900 un troisième four à réchauffer et un gros train; de plus, elle s'est outillée pour produire, outre les fers marchands, un certain nombre de fers spéciaux et compte arriver ainsi à porter sa production à 1,000 tonnes par mois.

La Société des laminoirs de Saint-Victor a obtenu une médaille de bronze.

Usine d'Alfortville. — La Société Deiber, Grondard et Cie a réorganisé, en 1896, les forges et laminoirs d'Alfortville (Seine), qui étaient abandonnés depuis une dizaine d'années. Elle y fabrique, par soudage de paquets de ferraille, des poutrelles, des cornières et des fers marchands, de qualité soit ordinaire, soit supérieure. Elle se sert, à cet effet, de deux marteaux-pilons et de deux trains de laminoirs; sa production annuelle est de 8,000 à 9,000 tonnes. Elle fabrique, en outre, par un procédé spécial sur lequel nous reviendrons plus loin, de 700 à 800 tonnes par an de bandages sans soudures pour véhicules ordinaires.

MM. Deiber, Grondard et Cie ont obtenu une médaille d'or.

Puddlage mécanique. — Le puddlage mécanique n'a plus aujourd'hui qu'une importance très secondaire; il reste encore en service un certain nombre de fours à crochets oscillants, du type Lemut, mais on a cessé depuis longtemps d'en installer de nouveaux. D'autre part, le puddlage en fours rotatifs n'a pas réalisé les espérances que l'on avait fondées, sur son emploi à un moment donné; il n'est plus guère en usage que dans un petit nombre d'usines, où on l'utilise pour produire des massiaux que l'on charge au four Siemens-Martin, après cinglage. Créée au Creusot, cette formule y est encore appliquée, ainsi qu'à Terni.

Dans cette dernière usine, il existe deux fours rotatifs du système Danks-Bouvard. Ils sont alimentés de fonte liquide par deux petits cubilots, soufflés par un ventilateur accouplé directement à une turbine de 25 chevaux. Au moyen d'un cylindre hydraulique, on fait tourner autour d'un axe horizontal le rampant mobile, ce qui permet de verser la fonte liquide dans le four. On remet le rampant en place, puis on imprime au four un mouvement de rotation, sous l'action d'une turbine de 50 chevaux. Une autre turbine, de 30 chevaux, actionne un ventilateur servant à souffler le foyer.

Le cinglage des deux loupes, de 500 kilogrammes chacune, fournies par chaque charge, se fait au moyen d'un pilon de 20 tonnes : il donne des massiaux d'une section de 0 m. 30 sur 0 m. 25, qui sont chargés au four Siemens-Martin.

La production de massiaux est de 12 tonnes par four et par 24 heures.

FABRICATION DE L'ACIER FONDU AU CREUSET.

Pendant longtemps, la fusion au creuset a été le seul procédé permettant d'obtenir des masses d'acier homogènes et exemptes de scories interposées. Ce procédé ne joue plus qu'un rôle secondaire dans l'ensemble de la production du métal fondu; il reste cependant en usage pour celle des aciers supérieurs servant à la fabrication des outils, des projectiles destinés à la perforation des plaques de blindage, de certaines tôles ou de certains fils de résistance exceptionnelle, etc.

La production de l'acier fondu au creuset est l'élément principal de l'activité de certains établissements, parfois d'une assez grande importance; nous nous trouverons amené, dans ce cas, à adjoindre aux indications concernant la fusion elle-même celles relatives soit à la préparation des éléments de la charge, soit à l'élaboration de l'acier après coulée. D'autres fois, elle n'est qu'un élément accessoire de la grosse industrie sidérurgique; c'est notamment le cas pour les usines d'Assailly (Loire), du Marais (Loire), de Firminy (Loire), d'Imphy (Nièvre), de Saint-Jacques (Allier), etc. Nous avons, dans ce cas, joint à la description générale de ces usines les renseignements concernant la fusion au creuset.

France. *Jacob Holtzer et Cie.* — La maison Jacob Holtzer et Cie a pour objet principal, depuis sa fondation en 1829, la fabrication des aciers de qualité supérieure, obtenus par cémentation et corroyage à l'origine, puis par cémentation, puddlage et fusion au creuset à une époque plus récente. La fusion sur sole n'y est pratiquée que d'une manière intermittente, pour la fabrication des ressorts et des pièces d'artillerie; elle l'est au moyen d'un four Siemens-Martin recevant des charges de 8 à 10 tonnes.

L'usine d'Unieux consomme une certaine quantité de fer de Dannemora, mais elle emploie principalement, comme matières premières, les fontes pures qu'elle produit à Ria (Pyrénées-Orientales), avec les minerais spathiques des concessions de Sahorre, Thorrent et Escaro, qui lui appartiennent. Ces minerais sont grillés dans 8 fours soufflés, puis réduits dans 3 hauts fourneaux au charbon de bois, produisant chacun 45 tonnes de fonte par jour. Le soufflage des hauts fourneaux est assuré par une force hydraulique de 150 chevaux et éventuellement par une machine à vapeur de 100 chevaux tenue en réserve.

Les fontes de Ria ou de Suède sont affinées à Unieux dans 10 fours à puddler, soit pour acier, soit pour fer. Ce dernier produit sert à alimenter 15 fours de cémentation pouvant traiter 3,000 tonnes par an.

Une partie de l'acier cémenté est corroyée au marteau, mais la plus grande partie est fondue au creuset avec de l'acier puddlé et éventuellement avec du fer. Cette fusion s'opère dans 8 fours contenant de 30 à 32 creusets chacun et pouvant produire ensemble de 8,000 à 10,000 tonnes par an.

L'usine d'Unieux a coulé au creuset des lingots pesant jusqu'à 6 tonnes; elle exécute

IMPRIMERIE NATIONALE.

aujourd'hui une quantité importante de moulages dans un atelier ayant 130 mètres de long sur 20 mètres de large, desservi par deux ponts roulants électriques de 20 à 25 tonnes, par une grue hydraulique de 15 tonnes et par une grue à vapeur de 2 tonnes, par 3 étuves, 2 fours à recuire et une installation de moulage mécanique.

Pour l'élaboration des lingots, elle emploie 10 fours doubles à gaz, 12 marteaux à cames pour étirage, 17 fours à réchauffer, 6 trains de laminoirs pour barres, 1 train à tôles avec blooming, actionné par une machine de 600 chevaux, 28 marteaux-pilons de 2 à 15 tonnes, une presse à forger de 2,000 tonnes desservie par 1 pont roulant électrique de 45 tonnes et 1 à vapeur de 10 tonnes.

Les spécialités principales de la maison Jacob Holtzer et Cie sont : l'acier en barres, de composition et de propriétés très diverses, les outils, les canons de fusil, les éléments de canons, les pièces de forge de dimensions moyennes, les tôles et, enfin, les pièces obtenues par moulage. Leur ensemble était représenté d'une manière très complète à l'Exposition.

On y voyait, en effet, non seulement des barres d'acier au carbone, au chrome, au tungstène, etc., avec leurs cassures mises en évidence, mais aussi des indications numériques fort intéressantes sur les propriétés des aciers tenant de 5 à 35 p. 100 de chrome avec 0.5 p. 100 environ de carbone. On y voyait aussi du chrome pur, obtenu au moyen de l'aluminium, des échantillons des minerais et des fontes de Ria, des spécimens des diverses phases de la fabrication des aciers puddlés et des aciers corroyés, etc.

De nombreux spécimens d'outils, de canons de fusil, de tubes et de frettes à canons représentaient les fabrications courantes de l'usine. Parmi les pièces de forge, on remarquait un arbre-vilebrequin pour contre-torpilleur, pesant 1,715 kilogrammes et tiré d'un lingot de 5,500 kilogrammes. Les projectiles de rupture sont une spécialité à laquelle M. Brustlein, ingénieur-directeur des usines d'Unieux, a fait faire d'immenses progrès. Ceux qui étaient exposés appartenaient à tous les calibres, de 0 m. 1647 à 0 m. 420; ils avaient traversé sans déformation sensible des plaques d'épaisseur supérieure à leur calibre, en acier, soit de composition uniforme, soit durci superficiellement par le procédé Harvey et cela parfois sous une incidence de 18 degrés seulement.

Les tôles exposées, de 0 m. 012 à 0 m. 072 d'épaisseur, avaient montré une résistance remarquable aux essais de perforation.

Parmi les moulages d'acier figuraient un cylindre à basse pression pour croiseur, en acier fondu au creuset, pesant 2,700 kilogrammes, une plaque de fondation de machine de torpilleur, pièce difficile à obtenir sans criques à cause de sa grande largeur et de sa faible section, deux colonnes de niveau pour chaudière à vapeur, dont l'une a été complètement aplatie à froid sans rupture, etc.

Les aciéries d'Unieux s'étendent sur une surface de 113,900 mètres carrés, occupent 1,500 ouvriers et consomment par an 50,000 tonnes de combustible pour une production de 6,317 tonnes, dont 5,325 tonnes d'acier fondu au creuset et 600 tonnes d'acier corroyé. Elles se trouvaient mises hors concours par la présence de leur ingénieur-directeur dans le Jury de la Classe 64.

Aciéries du Saut-du-Tarn. — De même que la Société Jacob Holtzer et Cie, la Société anonyme des hauts fourneaux, forges et aciéries du Saut-du-Tarn a pour objet principal la fabrication de l'acier puddlé et de l'acier au creuset.

Son usine est située, à 7 kilomètres d'Albi, sur une chute considérable du Tarn; elle emprunte à cette chute une force motrice variant entre 2,000 et 5,000 chevaux. La fonte y est obtenue au moyen d'un haut fourneau, avec appareils Cowper, alimenté pour deux tiers environ par les minerais de la concession d'Alban-Frayssé, propriété de la Société, pour un tiers par des minerais achetés dans les Pyrénées, l'Hérault, etc. Les fontes ainsi obtenues sont très pures; elles sont en partie vendues aux établissements nationaux de la Chaussade et de Ruelle, en partie traitées dans l'usine même.

Celle-ci renferme huit fours à puddler, trois fours de cémentation, trois fours Siemens à creusets, des marteaux-pilons et des martinets, des fours à réchauffer, un moyen mill et un petit mill. Elle pratique, en outre, la fabrication des limes, à raison de deux millions de pièces par an, des outils pour forgerons, chaudronniers, mineurs, des faux, faucilles, etc.; enfin, des rondelles Belleville. Le nombre des ouvriers qu'elle occupe est de 1,600 environ. La Société du Saut-du-Tarn se trouvait placée hors concours par la présence de son vice-président dans le Jury de la Classe 64.

Usine de Comay (Ardennes). — On peut rattacher au présent chapitre la fabrication d'essieux en acier étiré, telle que la pratiquent Mlles Berthe et Mathilde Munaut, à Comay (Ardennes) avec un personnel de 160 ouvriers. Cette fabrication a obtenu une mention honorable.

Autriche. *Böhler frères et Cie.* — Le mode de fabrication de l'acier fondu adopté par la maison Böhler frères et Cie, de Vienne (Autriche), diffère sensiblement de la formule du Yorkshire, telle qu'elle est pratiquée par les aciéries anglaises et américaines travaillant au creuset, ainsi que par la plupart des aciéries françaises de la même catégorie. Au lieu de recourir à l'emploi exclusif, comme matière première, d'aciers cémentés obtenus au moyen de fers de Suède, cette maison fond au creuset des aciers puddlés, obtenus avec les fontes manganésifères qu'elle produit en traitant au charbon de bois les minerais de l'Erzberg styrien. Les fontes produites dans ces conditions sont sensiblement aussi pures que les meilleures fontes de Suède; en les affinant au bas foyer, on obtenait des aciers bruts de qualité supérieure, mais peu homogènes auxquels on devait faire subir un ou plusieurs corroyages. Cette formule donnait lieu à des consommations considérables de charbon et de main-d'œuvre; elle a été remplacée avantageusement par la fusion, opérée dans des conditions qui assurent la conservation de la haute qualité intrinsèque du produit.

Le nombre des bas foyers d'affinage pour acier encore en activité est très restreint aujourd'hui. La plus grande partie de la production d'acier brut est obtenue par puddlage dans des fours chauffés au lignite, combustible très peu sulfureux.

L'acier puddlé, après un étirage au marteau, est trempé, cassé, puis trié d'après le grain de sa cassure. Il est fondu ensuite dans des creusets, dont la pâte contient une cer-

taine quantité de graphite et qui ne servent qu'une fois; ce travail est centralisé dans l'usine de Kapfenberg, sous la direction expérimentée de M. F. Reiser.

La haute qualité des produits de la maison Böhler frères et Cie est attestée par de nombreux certificats émanant de consommateurs de nationalités fort diverses. Parmi ces documents, nous en citerons deux seulement, délivrés par l'administration militaire autrichienne. L'un est un compte rendu d'essais à outrance ayant porté sur un canon de fusil d'infanterie austro-hongrois, fabriqué avec de l'acier de la maison Böhler, et pris au hasard. L'essai a consisté en un tir de 50,000 coups, par séries de 20 à 30 coups, avec la cartouche réglementaire. Aucune avarie de mécanisme ne s'est manifestée. L'usure des rayures a commencé à l'arrière du canon au bout de 5,000 coups et s'est manifestée vers la bouche au bout de 10,000; elle n'est devenue considérable, avec piqûres au fond des creux de rayures, qu'après 35,000 coups et à l'arrière du canon seulement. Les qualités balistiques de l'arme n'ont commencé à diminuer notablement qu'après 38,000 coups. Le fusil ayant subi cet essai figurait à l'Exposition.

On a fait subir un essai analogue à des canons de mitrailleuses Maxim, modèle 1889, du calibre de 8 millimètres. Cet essai a été poussé moins loin que le précédent, car il a été arrêté après 12,460 coups, tirés par séries de 200 à 1,400 coups; les dernières séries étaient exécutées en cinq minutes environ; l'intervalle entre deux séries était d'une à trois minutes, et l'on nettoyait le canon après 2,500 coups. Aucun accident ne s'est produit pendant ce tir à outrance; l'âme rayée s'est élargie de 0 millim. 2 à l'arrière et de 0 millim. 1 à l'avant; la justesse du tir en hauteur n'a pas sensiblement varié; en direction, elle a peu diminué.

La maison Böhler frères fabrique non seulement des aciers au carbone, mais aussi des aciers spéciaux. Les aciers au tungstène ont été essayés à la compression au laboratoire du Technologisches Gewerbe-Museum, de Vienne, sous la forme de cubes de 0 m. 01 de côté. La rupture s'est produite sous des pressions de 430 et de 514 kilogrammes par millimètre carré, avec une véritable explosion, accompagnée de projections violentes et d'une production d'étincelles.

La maison Böhler exposait, outre de nombreux échantillons d'aciers et de pièces fabriquées, une série intéressante de coupes indiquant l'état de la charge d'un creuset aux diverses phases de la fusion.

Elle a obtenu un grand prix.

États-Unis. *Crescent Steel Company.* — La Crescent Steel Company est le principal producteur d'aciers fins aux États-Unis. Fondée en 1865, comme société en nom collectif, elle a pris sa forme sociale actuelle en 1889. Son usine est située dans la ville de Pittsburg (Pensylvanie) où elle occupe une surface de 4 hectares sur le bord de la rivière Allegheny. Elle reçoit la houille et le coke principalement par cette voie et consomme, en outre, du gaz naturel.

Cette usine contient deux fours Siemens-Martin, à sole basique, de 15 tonnes chacun, donnent en moyenne une production de 70 tonnes par jour; ils sont desservis par

des ponts roulants qui enlèvent la poche pour faire la coulée. La fabrication de l'acier au creuset s'y effectue au moyen de cinq fours Siemens, dont le plus grand ne contient pas moins de 60 creusets recevant 45 kilogrammes chacun; il produit 18 tonnes par jour. La production de l'usine dans la même période peut atteindre 60 tonnes d'acier au creuset.

Les fers destinés à la fabrication des aciers de qualité moyenne sont produits par puddlage, dans l'usine même. Pour la production d'aciers de qualité supérieure, on se sert de fers de Suède, notamment de ceux portant la marque Leufsta. Les appareils d'élaboration mécanique sont : 20 marteaux-pilons, 4 laminoirs à cylindres de 0 m. 36, 0 m. 30, 0 m. 23 et 0 m. 20 de diamètre; deux trains à tôles, un train à feuillards, avec spatards, un train-machine et un train pour ressorts. La production annuelle de la Crescent Steel Company est d'environ 20,000 tonnes. Son exposition se composait surtout d'objets divers fabriqués avec ses aciers, notamment d'outils ayant fait un service exceptionnel. On y voyait, par exemple, des matrices ayant donné 2,688,000 coups pour l'estampage du cuivre, 750,000 pour l'estampage de l'acier, un mandrin ayant conservé son poli après avoir servi à l'étirage de 2,000 tubes de cuivre ou de laiton, un emporte-pièces ayant servi à découper un million de pièces de cuivre et pouvant faire encore un service d'égale durée, etc.

La Crescent Steel Company a obtenu un grand prix.

Taylor Iron and Steel Company. — La Taylor Iron and Steel Company, à High Bridge (New-Jersey, États-Unis), s'est fait une spécialité de la fabrication des aciers au manganèse, qu'elle fabrique au creuset, semble-t-il.

Elle obtient par moulage, avec des aciers à 13 p. 100 de manganèse, des pièces de formes très diverses auxquelles elle donne ensuite une malléabilité convenable en les trempant dans l'eau froide après les avoir chauffées à une température peu inférieure à leur point de fusion. Cette société exposait des roues de wagonnets, des plaques de trommel et des obus obtenus sans forgeage. Elle se trouvait hors concours par la présence d'un de ses administrateurs dans le Jury de la Classe 64.

Maison Benj. Atha and Illingworth. — La maison Benj. Atha and Illingworth, avait exposé également des obus, mais fabriqués suivant la formule usuelle, c'est-à-dire par forgeage suivi d'une trempe de la pointe. Elle exposait des projectiles de divers calibres, dont un certain nombre avaient traversé des plaques sans déformation appréciable. Cette maison a obtenu une médaille d'argent.

Grande-Bretagne. — C'est en Angleterre, à Attercliffe, près Sheffield, que Benjamin Huntsman créa, vers le milieu du XVIIIe siècle, l'industrie de l'acier fondu au creuset; pendant longtemps cette industrie est restée concentrée exclusivement dans les environs de Sheffield, elle y conserve encore une grande importance. Elle était représentée à l'Exposition par un certain nombre d'établissements importants, parmi lesquels on doit citer en première ligne la Société W. Jessop and sons, Limited.

W. Jessop and sons, Limited. — Fondée en 1774, la maison Jessop a été transformée en 1876 en société anonyme, au capital de 400,000 livres sterling, soit 10 millions de francs environ. Jusqu'en 1878, elle n'avait fabriqué que des aciers cémentés et corroyés, des aciers fondus au creuset et forgés en barres, pour outils de toutes sortes, pour limes, scies, coutellerie, etc. Une de ses spécialités était et est encore la fabrication des tôles d'acier destinées à la fabrication des plumes métalliques, tôles dont elle produit un millier de tonnes par an.

A partir de 1879, elle entreprit la fabrication des grosses pièces en acier coulé, telles qu'arbres coudés, étraves, étambots, gouvernails, et se trouva ainsi amenée, à partir de 1885, à installer des fours Siemens-Martin. Elle possède actuellement quatre de ces appareils, produisant annuellement 32,000 tonnes; elle peut obtenir des moulages pesant jusqu'à 40 tonnes.

Sa production d'acier au creuset est de 7,000 à 8,000 tonnes par an; elle est obtenue au moyen de 18 fours de cémentation, recevant des charges de 20 à 25 tonnes, et de 22 fours de fusion, de 24 creusets chacun. La consommation de creusets est de 500 par jour en moyenne, soit 20 creusets par tonne d'acier. La consommation annuelle de coke et de houille est de 75,000 tonnes.

L'usine possède 28 martinets et marteaux-pilons; le plus puissant de ces derniers pèse 12 tonnes 5; elle a, en outre, 14 trains de laminoirs. Elle possède une distribution électrique d'énergie, d'une puissance de 2,000 chevaux.

L'exposition de la maison Jessop était très variée. On y voyait des barres carrées, hexagonales et rondes, jusqu'à un diamètre ou une épaisseur de 4 pouces; des cassures de barres et de lingots; des engrenages de grande dimension et d'une exécution remarquable; des disques pour scies circulaires jusqu'au diamètre de 2 m. 248; des bandes d'acier pour scies à ruban, etc.

Quelques éprouvettes y figuraient; elles avaient été prises, semble-t-il, dans des pièces en acier Siemens-Martin, mais aucune indication n'avait été fournie à cet égard. Les résultats des essais exécutés sur ces éprouvettes avaient été les suivants :

	RÉSISTANCE à LA RUPTURE — EN KILOGRAMMES par millimètre carré.	LONGUEUR de L'ÉPROUVETTE — EN MILLIMÈTRES.	ALLONGEMENT de RUPTURE — EN CENTIÈMES.	STRICTION — $\left(\frac{s}{S}\right)$ — EN CENTIÈMES.
Arbre de couche pour marine.	46,5	127	28	46,2
Arbre de couche pour marine.	44,0	127	28	52,4
Arbre à deux coudes.....	48,5	51	40	64,0
Centre de roue de locomotive.	43,0	51	36	"
Bloom d'acier.....	46,5	51	42	64,0
Bloom d'acier.....	54,0	51	35,0	"

Ces chiffres indiquent un métal relativement doux, à résistance médiocrement élevée, et à grand allongement; ce dernier coefficient est, il est vrai, exagéré en apparence par le peu de longueur des éprouvettes employées.

La Société W. Jessop and sons a obtenu un grand prix.

Seebohm and Dieckstahl, Limited. — La Société Seebohm and Dieckstahl, Limited (Dannemora Steel Works, à Sheffield), est, comme la maison Jessop, en possession d'une réputation déjà ancienne; elle a obtenu de nombreuses récompenses dans les expositions antérieures. Elle a eu le mérite d'adopter, dès 1866, pour ses diverses qualités d'acier une classification fondée sur la teneur en carbone. Cette classification, comportant sept types, caractérisés par des teneurs de 0.75, 0.875, 1.00, 1.125, 1.25, 1.375 et 1.5 p. 100 de carbone, a été adoptée, avec quelques variantes de détail, dans la plupart des usines fabriquant les aciers à outils. L'exposition de la maison Seebohm et Dieckstahl montrait la série complète des cassures des aciers types de sa série, soit à l'état de lingots, soit à celui de barres forgées, ces dernières étant d'ailleurs ou trempées, ou recuites. On y voyait en même temps des barres d'acier carrées, plates et rondes, des disques pour scies circulaires, d'assez petites dimensions, des outils soit bruts de forge, soit finis, etc.

Le Jury a décerné une médaille d'or à la maison Seebohm and Dieckstahl, Limited. Cet établissement semble pratiquer exclusivement la fusion au creuset, après cémentation, et employer comme matières premières des fers de Suède de première qualité. La même observation s'applique aux trois autres usines de Sheffield qui figuraient à l'Exposition.

Saville and Co. — L'une d'elles, la maison Saville and Co., avait simplement présenté quelques échantillons de cassures d'aciers et avec quelques outils fabriqués. Il était difficile de bien apprécier, sur une exposition aussi restreinte, les qualités supérieures que revendique la maison Saville pour certains de ses produits, notamment pour les aciers à aimants, les aciers pour limes et pour outils à piquer les meules. Aussi le Jury de la Classe 64 lui a-t-il attribué seulement une médaille de bronze.

Andrew and Co., Limited. — Une observation analogue s'applique à l'exposition de la Société Andrew (John Henry) and Co., Limited (Toledo Steel Works), à Sheffield. Les objets se rattachant à la Classe 64 s'y réduisaient à quelques barres d'aciers à outils, carrées, plates, rondes, ou à profil en croix, avec cassures, et quelques tôles mixtes, fer et acier, pour coffres-forts. L'exposition de cette société se rattachait surtout à la Classe 65, où une médaille d'argent lui a été accordée.

Beardshaw and son, Limited. — La Société Beardshaw and son, Limited (Baltic Steel Works), à Sheffield, avait présenté, comme les précédentes, des cassures de lingots et de barres de duretés diverses, des barres marchandes et profilés courants, des tôles pour scies à ruban, et enfin des disques pour scies circulaires, pouvant atteindre un diamètre

de 3 mètres. Mais le trait caractéristique de son exposition était une série de barres d'acier à outils profilées en vue de réduire au minimum le travail de forge ou le travail mécanique nécessaire pour obtenir un outil déterminé.

Les profils spéciaux de la Société Beardshaw sont au nombre de six :

1° Un profil en croix, formé d'une âme cylindrique portant quatre nervures rectangulaires, suivant quatre directions à 90 degrés. Ces nervures peuvent être ou droites, ou enroulées en hélice, avec pas à droite ou à gauche à volonté.

Avec les barres à nervures droites, on obtient facilement des burins, bédanes, tarauds à quatre branches, etc. Les barres hélicoïdes servent surtout à obtenir des alésoirs tordus;

2° Un profil à section circulaire, évidée par trois secteurs également circulaires, convexes vers l'axe, dit *profil à trois branches;* les nervures peuvent être ou droites ou tordues. On obtient avec ce profil des outils analogues à ceux donnés par le profil précédent;

3° Un profil dit *profil en double T* et rappelant celui des rails à double champignon. Il sert à faire, en profil droit, des outils de tours, de raboteuses et de mortaiseuses; en profil tordu, des forets à pierre ou à brique;

4° Un profil en V, convenant pour la plupart des outils de tour, et combiné avec un profil inverse dans lequel il s'emboîte et qui lui sert de support;

5° Un profil, dit *profil double,* donnant lieu à la même combinaison d'emboîtage que le profil précédent, mais présentant un tracé dissymétrique. Ce profil convient surtout pour les outils à dresser;

6° Un profil tors, présentant une section à quatre ailes, obtenue par laminage; il est spécialement destiné à la confection des forets en hélice, dits *américains.*

Le principe de cette fabrication de profils spéciaux est certainement rationnel, mais son application présente quelques difficultés pratiques. Le Jury de la Classe 64 a attribué une médaille d'or à la société Beardshaw and son Limited.

Italie. *Usine de Terni.* — La fabrication de l'acier au creuset a été introduite en 1891 à l'usine de Terni; elle a eu d'abord pour base l'emploi de fers de Suède ou de Styrie, matériaux coûteux auxquels on a substitué maintenant le fer obtenu, à l'usine même, par puddlage au four rotatif Danks-Bouvard. On n'aurait constaté, prétend-on, aucune variation de qualité du produit par suite de cette substitution, qui est le seul point intéressant de la formule suivie à Terni.

Cette formule, en effet, ne s'écarte sur aucun autre point du type classique. Deux fours, contenant chacun deux caisses d'une capacité de 16 tonnes, servent à opérer la cémentation du fer en barres; le chauffage se fait au lignite. Le fer cémenté, mélangé au besoin avec des barres non cémentées, est fondu dans des creusets contenant 24 kilogrammes.

Les creusets, fabriqués à l'usine, sont chauffés dans deux fours Siemens qui en con-

tiennent chacun 27, en 3 compartiments ayant en plan 1 m. 20 sur 0 m. 80 et recevant 9 creusets. Le gaz est fourni par la batterie de gazogènes qui alimente les fours à réchauffer.

Entre les deux fours se trouve une fosse destinée à permettre la coulée des lingots de dimensions relativement importantes.

Suède. — En Suède, la fabrication de l'acier au creuset ne se pratique que dans deux usines, celles d'Österby et de Vikmanshyttan; l'une et l'autre étaient représentées à l'Exposition.

Usine d'Österby. — La première de ces usines, située près de Dannemora, est d'origine fort ancienne, car sa création remonte à 1565; la fabrication de l'acier fondu y a été installée en 1871. Elle possède des intérêts considérables dans les exploitations minières de Dannemora et emploie à la production de fonte au bois les minerais qu'elle en obtient. Elle affine ensuite cette fonte par la méthode wallonne, cémente le fer obtenu et lui fait subir la fusion au creuset. Cette dernière opération s'effectue dans des creusets fabriqués à l'usine avec des terres réfractaires d'origine anglaise, additionnées de quelques centièmes de coke. Les creusets sont chauffés dans des fours à régénérateurs; leur charge est de 20 kilogrammes et la période de fusion est de 4 heures.

Les creusets font trois charges. La consommation de combustible est de 1,500 kilogrammes de houille par tonne d'acier.

La production d'Österby a été en 1898 de 482 tonnes d'acier fondu. La haute qualité de cet acier était mise en évidence, et par la finesse et l'homogénéité de la cassure des barres exposées, et par de nombreux certificats faisant connaître la longue durée de service de certaines pièces d'outillage fabriquées avec l'acier d'Österby, notamment de fraises et de matrices d'estampage. Une de ces matrices à servi à estamper 16,000 pièces sans avoir besoin d'aucune retouche.

L'usine d'Österby fabrique surtout de l'acier au carbone, classé en six catégories numérotées de 0 à 5, suivant l'ordre de dureté décroissante : les teneurs limites en carbone, séparant ces catégories, sont 1.60, 1.45, 1.25, 1.10, 0.90, 0.75, 0.60. Elle produit également des aciers spéciaux, notamment des aciers au tungstène, numérotés de 1 à 4, en sens inverse des aciers au carbone. Une dureté encore supérieure, désignée par le numéro 5, sert exclusivement à la fabrication des aimants.

L'usine d'Österby a obtenu une médaille d'or.

Usine de Wikmanshyttan. — L'usine de Wikmanshyttan, appartenant à la société de Larsbo-Norn, applique, depuis 1860, le procédé Uchatius à la fabrication des aciers supérieurs. La matière première principale est la fonte au charbon de bois obtenue avec le minerai de Bipsberg; cette fonte est grenaillée dans l'eau, puis introduite dans des creusets avec 20 p. 100 de minerai de fer et un peu de charbon de bois. La fusion s'opère dans des fours à vent ordinaires.

L'usine de Wikmanshyttan revendique pour ses produits la même qualité qu'Österby. Son exposition se composait, comme celle de cette dernière société, de lingots, de barres et d'outils finis.

La classification de Wikmanshyttan comporte les mêmes divisions que celle d'Österby, pour les aciers à teneurs en carbone comprises entre 0.60 et 1.60 p. 100; seulement le numérotage se fait en sens inverse, depuis le numéro 2 pour l'acier tenant de 0.60 à 0.75 p. 100 jusqu'au numéro 7 correspondant aux teneurs de 1.46 à 1.60 p. 100. Il comporte, en outre, un numéro 8 pour les teneurs en carbone comprises entre 1.61 et 2 p. 100. L'usine exposait une série de cassures de ces divers aciers, tant en lingots qu'en barres rondes, carrées et plates.

Les coefficients mécaniques indiqués pour ces diverses catégories sont les suivants :

	N° 2. — QUART DOUX.	N° 3. — QUART DUR.	N° 4. — DEMI-DUR.	N° 5. — DUR.	N° 6. — TRÈS DUR.	N° 7. — EXTRA-DUR.	N° 8. — SUPRA-DUR.
Teneur en carbone p. 100.	0.60 — 0.75	0.76 — 0.90	0.91 — 1.10	1.11 — 1.25	1.26 — 1.45	1.46 — 1.60	1.61 — 2.00
Résistance à la rupture (par millimètre carré).	70 kilogr.	85 kilogr.	88 kilogr.	98 kilogr.	95 kilogr.	92 kilogr.	Non indiqué.
Allongement à la rupture.	18 p. 100.	14 kilogr.	10 p. 100.	9 p. 100.	6 p. 100.	5 p. 100.	*Idem.*
Température de soudage.	Jaune vif.	Jaune clair.	Jaune orange clair.	Jaune orange.	Rouge orange très clair.	Soudure difficile au rouge orange clair.	Ne se soude pas.
Température de forgeage.	Rouge clair.	Rouge clair.	Rouge clair.	Rouge vif.	Rouge cerise.	Rouge cerise.	Rouge cerise.
Température de trempe.	*Idem.*	*Idem.*	Rouge foncé.	Rouge foncé.	Rouge foncé.	Rouge brun.	Rouge brun.

L'usine fabrique, en outre, des aciers spéciaux tenant jusqu'à 4 p. 100 de chrome et 10 p. 100 de tungstène.

Elle avait produit des certificats de la fabrique d'armes du Gouvernement suédois à Gustafsstad, indiquant la longue durée de services de certains outils faits avec l'acier de Wikmanshyttan, notamment d'une matrice d'estampage qui a exécuté, sans retouche, 16,779 pièces; d'un foret qui a percé 45,000 canons de fusil, etc.

Une médaille d'argent a été attribuée à la société de Larsbo-Norn par le Jury de la Classe 64.

AFFINAGE AU CONVERTISSEUR.

La production de l'acier ou du fer fondu à l'état liquide, en grandes masses, qui constitue le trait caractéristique de la sidérurgie contemporaine, a été réalisée d'abord au moyen du convertisseur à garnissage acide. On pouvait voir à l'Exposition, dans la vitrine de l'Iron and Steel Institute, d'intéressants échantillons d'acier obtenus par Bessemer dès 1856. La période des essais dura quelques années, mais à partir de 1860 le type définitif de cet appareil, avec mouvement de rotation autour d'un axe horizontal et soufflage par le fond, était définitivement constitué. Aucune modification de quelque importance n'y a été apportée depuis, du moins en ce qui concerne les grands appareils; pour les petits convertisseurs, destinés d'ordinaire à la fabrication des moulages, on est revenu assez souvent au soufflage latéral expérimenté par Bessemer dès l'origine et abandonné de très bonne heure par cet inventeur.

En 1878, la découverte de la variante basique est venue agrandir le champ d'action du convertisseur en permettant d'y traiter les fontes phosphoreuses.

Cette découverte avait eu, plusieurs années auparavant, un précurseur en M. Snelus, qui avait exposé les échantillons obtenus par lui au convertisseur basique, à Middlesbrough, le 17 août 1872, ainsi que ses carnets originaux d'analyses. Quatre coulées expérimentales avaient été faites : deux dans un convertisseur de 50 kilogrammes, une dans un convertisseur de 1 tonne et une autre dans un convertisseur de 7 tonnes. La première charge, composée de fonte ordinaire du Cleveland, avait donné un métal tenant seulement 0.018 de phosphore avec 0.8 p. 100 de carbone et 97.8 de fer (dosé directement), la scorie tenant environ 67 p. 100 de silice et 1.398 de phosphore. Dans les opérations suivantes, on avait traité un mélange de fonte grise du Cleveland et de fonte d'hématite; les résultats avaient été beaucoup moins satisfaisants, ainsi qu'il ressort des analyses ci-dessous :

	2e COULÉE. — p. 100.	3e COULÉE. — p. 100.	4e COULÉE. — p. 100.
MÉTAL.			
Fer	—	98.29 dosé directement.	—
Carbone	3.0	1.25	0.66
Silicium	—	0.11	0.042
Soufre	0.346	0.274	0.169
Phosphore	0.864	0.914	0.231
SCORIES.			
Sesquioxyde de fer	12.1	Fer 41.9	7.1
Protoxyde de fer	23.8		39.2
Silice	44.8	25.0	19.2
Acide phosphorique	2.3	7.25	7.0
Chaux	14.8	25.0 (environ)	24.3
Soufre	0.3	0.35	0.5
Fer métallique	—	—	2.7
TOTAUX	98.1		100.0

Cette série de résultats présente bien certaines anomalies, mais elle aurait conduit certainement à la solution du problème de la déphosphoration, si M. Snelus avait cru devoir en poursuivre l'étude.

Tenant compte de ce que ces résultats avaient déjà fait l'objet de récompenses antérieures, le Jury a attribué à M. Snelus une médaille d'argent.

Le procédé Thomas Gilchrist s'est rapidement développé en Allemagne et dans l'Est de la France; le convertisseur à garnissage acide a conservé, au contraire, sa prédominance en Angleterre, en Suède, en Russie et aux États-Unis.

Les deux variantes du travail au convertisseur ne diffèrent que par certains détails concernant la construction et le garnissage de l'appareil lui-même, l'addition de la chaux dans le procédé basique, et la coulée des scories. Les dispositions générales de l'aciérie peuvent être les mêmes dans les deux cas; *a fortiori*, il n'existe aucune différence entre le mode d'élaboration des lingots produits par un procédé ou par l'autre. L'étude de cette dernière branche de la sidérurgie fera l'objet d'un chapitre spécial.

Tous les grands convertisseurs actuellement en usage appartiennent au type oscillant sur tourillons. Le type fixe, employé à Edsken (Suède), de 1858 à 1866, est abandonné aujourd'hui d'une manière définitive, à juste titre, semble-t-il, malgré les tentatives faites à une époque relativement récente pour le remettre en usage sous le nom de convertisseur Clapp-Griffiths.

D'autre part, le soufflage latéral n'est en usage que dans les convertisseurs de petites dimensions, usité quelquefois, comme à Avesta (Suède), pour la coulée de lingots, mais le plus souvent pour la fabrication des moulages d'acier. Il a l'inconvénient de donner un déchet élevé, une homogénéité médiocre pour le produit et une corrosion rapide de la paroi au-dessus des tuyères. Son avantage principal est d'exiger une faible pression de soufflage et par suite une puissance médiocre pour la machine employée. Nous reviendrons plus loin sur l'emploi des convertisseurs à soufflage latéral dans l'industrie des moulages.

Pour les grands convertisseurs, la forme généralement usitée est celle d'un cylindre, prolongé vers le haut par un tronc de cône oblique, ayant son sommet sur une des génératrices du cylindre et ayant pour base la base supérieure de celui-ci : une troncature oblique de ce tronc de cône forme le gueulard.

La base du cylindre forme quelquefois le fond de l'appareil; le plus souvent, cependant, en vue de diminuer le diamètre de ce fond, on termine vers le bas la capacité intérieure par un tronc de cône symétrique.

Dans tous les convertisseurs de grandes dimensions, le soufflage s'effectue par un grand nombre d'orifices de petit diamètre ménagés dans le fond. Ces orifices sont parfois répartis d'une manière uniforme sur toute la surface de celui-ci; c'est la règle ordinaire pour les convertisseurs à revêtement basique. D'autres fois, ils sont groupés en faisceaux dans des pièces spéciales (tuyères) en terre réfractaire. Cette deuxième disposition se rencontre dans tous les convertisseurs à revêtement acide, parfois même dans ceux à garnissage basique, bien qu'il puisse sembler fâcheux, à première vue, de mettre

en contact, avec le pisé dolomitique, des tuyères de composition acide. En fait, le refroidissement dû à la circulation du vent empêche la fusion de se produire suivant la surface de contact; il serait préférable, néanmoins, de substituer des tuyères en magnésie aux tuyères ordinaires. C'est ce qu'a fait l'usine du Creusot; elle a pu obtenir, par cette substitution, une augmentation considérable de la durée des fonds, portée à 60-100 coulées au lieu de 25-35.

Certaines usines reprochent aux tuyères en magnésie leurs qualités mêmes de résistance; lorsque ces tuyères s'obstruent, ce qui arrive quelquefois, on a beaucoup de peine à les briser pour en substituer d'autres à leur place. On préfère généralement employer des fonds homogènes en dolomie agglomérée au goudron et damée à la machine.

Le mode de confection des revêtements du corps ou du dôme des convertisseurs n'a subi aucune modification à une époque récente. Le remplacement des fonds s'effectue généralement au moyen de pistons hydrauliques.

Le revêtement extérieur des convertisseurs est en tôle rivée ; les tourillons sont parfois fixés directement sur ce revêtement, mais le plus souvent ils sont supportés par une ceinture en tôle rivée ou en acier moulé assemblée sur l'enveloppe au moyen de grands étriers rivés de part et d'autre.

La forme symétrique est très rare aujourd'hui ; elle fait retomber les projections sur le convertisseur lui-même. On préfère, en général, diriger ces projections contre une plaque de tôle formant la partie inférieure d'une cheminée; quelquefois, pour empêcher l'adhérence, la plaque est refroidie par une bâche à eau.

La manœuvre du convertisseur s'effectue d'ordinaire au moyen d'une crémaillère commandée par un piston hydraulique et engrenant avec un pignon calé sur un des tourillons.

L'autre tourillon sert à l'introduction du vent ; celui-ci est conduit par un tuyau en fer dans la boîte à vent, qui sert à le répartir entre les buses. Le petit diamètre de celle-ci et la grande vitesse que doit y prendre le courant gazeux donnent lieu à une perte de charge considérable, représentant généralement la plus grande partie de l'énergie fournie par la machine soufflante. Le reste sert à vaincre la résistance statique opposée par le bain métallique et à imprimer aux molécules gazeuses une vitesse considérable, permettant un affinage rapide. La rapidité du travail, atténuant les déperditions antérieures de chaleur, a une influence marquée sur le choix de la nature de fonte à traiter. Elle permet, aux États-Unis, d'affiner couramment au convertisseur acide des fontes tenant 1 p. 100 ou même moins de silicium, alors qu'en Europe on se tient d'ordinaire beaucoup au-dessus de ce chiffre.

Les machines soufflantes desservant les convertisseurs sont calculées d'ordinaire pour une pression normale de 2 kilogrammes par centimètre carré, rarement 2 kilogr. 500. On les construit sur le même type que les souffleries de hauts fourneaux, c'est-à-dire compound, avec deux cylindres à vent; on leur donne une vitesse de 50 à 70 tours par minute. Un type récemment construit par la Société alsacienne de constructions mécaniques comporte des cylindres à vapeur de 1 m. 50 et de 2 m. 20 de diamètre, des cylindres à vent de 1 m. 75, la course des pistons étant de 1 m. 50 ; à une

vitesse de 50 à 60 tours, une machine de ce type peut aspirer par minute de 900 à 1,000 mètres cubes d'air et les comprimer à 2 kilogrammes.

Pendant assez longtemps, les ateliers Bessemer ont conservé les dispositions générales qui avaient été adoptées à l'origine par l'inventeur lui-même. Deux convertisseurs étaient placés en face l'un de l'autre, aux deux extrémités du diamètre d'une fosse assez profonde, demi-circulaire. Dans cette fosse se trouvait une grue de coulée, formée d'une poche supportée par un bras horizontal monté lui-même sur la tête d'un piston hydraulique. Les lingotières étaient disposées en arc de cercle, au fond de la fosse; trois grues hydrauliques servaient à effectuer le démoulage. Ce type, classique pendant la première période d'application du procédé Bessemer, existe encore dans quelques usines; il se prête mal aux grandes productions à cause des difficultés auxquelles il donne lieu, soit pour l'entretien des convertisseurs, soit pour la coulée des lingots, soit enfin pour l'enlèvement et le refroidissement des lingotières.

Pour l'améliorer, on commença par augmenter le diamètre du cercle de coulée, en plaçant les deux convertisseurs aux extrémités d'une corde notablement plus courte que le diamètre et en les faisant basculer, pour la coulée, autour d'un axe se projetant sur cette corde même. En même temps, on réduisait la fosse à une dépression s'étendant à peu de distance de part et d'autre du cercle de coulée, en lui donnant une profondeur telle que les lingotières n'y fussent enfoncées qu'à moitié de leur hauteur. En même temps, on augmentait le nombre des grues de démoulage et on installait des bâches à eau pour refroidir les lingotières par immersion.

Dans un type plus récent encore, on a réduit les dimensions de la grue qui porte la poche au moment où le métal liquide y est versé du convertisseur, mais on a installé une deuxième grue qui reçoit cette poche de la première et effectue la coulée sur une circonférence complète.

Ces diverses combinaisons sont généralement remplacées, dans les installations les plus récentes, par l'emploi d'une grue de coulée circulant sur rails, système qui permet d'opérer la coulée dans un atelier distinct de l'atelier des convertisseurs. Ces appareils sont alignés sur un même axe, placé à une hauteur de 6 mètres environ au-dessus du sol de l'usine. Un peu au-dessous de ce niveau, il existe un plancher métallique sur lequel circulent, en avant des convertisseurs, les poches qui leur amènent la fonte liquide; vers une extrémité de la halle, à une hauteur suffisante au-dessus du plancher supérieur, se trouvent deux cubilots à spiegel. Le plus souvent, le déversement de la poche s'effectue à bras, au moyen d'une vis sans fin engrenant avec un pignon calé sur l'axe de rotation. Dans un projet exposé par la maison Delattre et Cie, de Ferrière-la-Grande, cette manœuvre était assurée au moyen d'un piston hydraulique, placé verticalement, au niveau du sol, en face de chaque convertisseur, ainsi que d'une chaîne actionnée par ce piston et venant s'accrocher au fond de la poche. Le levier de commande se trouve sur la passerelle de manœuvre.

Dans les aciéries Thomas, on installe, à un niveau beaucoup plus élevé, sur les entraits des fermes de la halle, une passerelle avec voie servant à amener des wagons

de chaux vive : des entonnoirs en tôle, affleurant presque le gueulard des convertisseurs quand ceux-ci sont légèrement inclinés sur la verticale, permettent l'introduction de la charge de chaux sans production exagérée de poussières.

Sur le sol de l'usine circule un chariot-locomotive portant la poche de coulée. Cette poche, une fois remplie, est amenée dans un atelier spécial prolongeant la halle du convertisseur ; elle y effectue la coulée, sans se déplacer, dans des lingotières posées sur des trucks et amenées successivement devant elle au moyen d'un doigt conduit par un piston hydraulique à double effet. Une fois la coulée terminée, les lingotières sont envoyées à l'atelier de laminage, où le démoulage s'effectue.

Ces dispositions ont été adoptées dans les aciéries françaises de construction récente ; elles réalisent la séparation complète des phases successives du travail, c'est-à-dire de l'affinage au convertisseur, de la coulée et du démoulage; et permettent d'exécuter ces diverses opérations bien plus commodément et avec plus de soin qu'on ne pouvait le faire autrefois dans une halle unique, toujours encombrée. De plus, l'envoi des lingotières à la halle de démoulage et de laminage, aussitôt après la coulée, atténue le refroidissement des lingots, point important lorsqu'on emploie des *pits* pour amener ces lingots à une température convenable avant leur passage au blooming.

Avec le convertisseur à garnissage acide, la production de scories est relativement peu importante et leur enlèvement ne nécessite aucune disposition spéciale. Il en est autrement avec le convertisseur basique ; les scories sont coulées à part dans des récipients spéciaux circulant sur la même voie que les poches à acier. Quand on doit produire de l'acier dur, on termine le décrassage au râble avec un soin tout spécial; au moyen d'un barrage formé de morceaux de chaux tenus en place par des ringards, on retient la petite quantité de scories que l'on n'a pu enlever et on l'empêche de tomber dans la poche, où l'on recarbure avec du spiegel liquide.

Les scories de déphosphoration sont devenues aujourd'hui, pour les aciéries appliquant la formule basique, une source appréciable de produits; mais pour amener ces scories à l'état commercial, il faut les broyer finement et les débarrasser des grenailles métalliques qu'elles renferment. A cet effet, la Société des aciéries de Longwy a installé un important atelier de broyage, capable de traiter 120 à 130 tonnes de scories par jour. Cet atelier comprend 12 broyeurs à boulets, actionnés par une machine Corliss compound de 170 chevaux et un accumulateur pouvant contenir, à l'abri de l'air et de l'humidité, 10,000 tonnes de scories broyées.

La composition moyenne des scories de Mont-Saint-Martin est la suivante :

Acide phosphorique	16.19
Silice	7.00
Oxyde de fer	11.30
Oxyde de manganèse	6.40
Alumine	7.50
Chaux	47.60
Magnésie	3.70
TOTAL	99.69

La Société des aciéries de Micheville possède une installation du même type, d'une puissance un peu supérieure : elle comprend 8 broyeurs à boulets conduits par une machine de 250 chevaux et peut produire annuellement 55,000 tonnes de scories broyées assez fin pour que 75 p. 100 de la matière traversent le tamis N° 100. La teneur en acide phosphorique serait de 17 à 20 p. 100 avec une teneur en chaux de 45 à 50 p. 100.

La Société des forges et aciéries du Nord et de l'Est travaille dans des conditions analogues et produit annuellement 20,000 tonnes de scories broyées.

Jusqu'ici les usines du Creusot ont appliqué à leurs scories de déphosphoration le broyage suivant la méthode ordinaire. Elles installent une autre formule de traitement fondée sur l'action de la vapeur à haute pression, formule dont les avantages et inconvénients ne pourront être appréciés exactement qu'après une application d'une certaine durée.

Pour compléter les indications générales que nous venons de donner, il nous reste à résumer les renseignements fournis par l'Exposition sur l'organisation et la conduite du travail au convertisseur dans diverses usines, en commençant par celles appliquant le procédé acide.

EXEMPLES
D'INSTALLATIONS DE CONVERTISSEURS ACIDES.

France. — Le travail au convertisseur à revêtement acide tend à devenir de plus en plus rare en France. L'usine de Denain, après l'avoir employé longtemps d'une manière exclusive, l'a presque abandonné aujourd'hui. Les usines qui le pratiquent se réduisent maintenant à celles d'Isbergues, de Trignac et du Boucau.

Usine d'Isbergues. — Cette usine travaille en deuxième fusion; elle possède deux convertisseurs de 8 tonnes, desservis chacun par un cubilot et par un bassin de coulée spécial. En employant deux cubilots par convertisseur au lieu d'un, elle a pu produire jusqu'à 540 tonnes de lingots par vingt-quatre heures.

Usine de Trignac. — A Trignac, la fonte liquide est envoyée directement à deux convertisseurs de 10 à 12 tonnes chacun, soufflés à 2 kilogrammes de pression par une machine soufflante verticale, pouvant développer 1,000 chevaux. Comme moyen supplémentaire d'alimentation, on dispose de deux cubilots fondant de 10 à 12 tonnes à l'heure; deux petits cubilots servent à la fusion du spiegel.

Les convertisseurs ont 5 m. 50 de hauteur et 3 m. 50 de diamètre au ventre; ils sont desservis par une grue de coulée et par trois grues de démoulage et de manœuvre.

Italie. *Usine de Terni.* — Le seul atelier Bessemer existant dans ce pays est celui de Terni; il se compose de deux convertisseurs de 8 tonnes, dont les axes de rotation sont dans le prolongement l'un de l'autre. En arrière se trouvent quatre cubilots capables de fondre chacun 15 tonnes à l'heure; ils sont soufflés par deux ventilateurs centrifuges, du type Farcot, débitant chacun 4 mètres cubes d'air par seconde sous une pression de 0 m. 75 d'eau. Chaque ventilateur est actionné par une turbine de 80 chevaux calée sur son arbre.

La fonte liquide est reçue dans une poche circulant sur des rails posés sur le sol d'usine; elle est relevée à 5 mètres de hauteur par un monte-charges et est amenée, par un canal en tôle, dans l'un des convertisseurs.

Le soufflage des convertisseurs est effectué, sous une pression de 1 kilogr. 8, au moyen de deux machines débitant l'une 1 m. c. 8, l'autre 2 m. c. 3 d'air par seconde et commandées respectivement par des turbines de 1,000 et 1,200 chevaux. L'air fourni par ces deux machines est refoulé dans une conduite en tôle, de 0 m. 60 de diamètre.

La durée d'une opération est de vingt à vingt-cinq minutes; l'addition de spiegel se fait à l'état liquide, après fusion au cubilot. La coulée s'effectue dans une poche portée par une grue hydraulique de 15 tonnes, desservant un seul convertisseur. Le démoulage est fait, dans chaque fosse, par deux grues de 6 tonnes.

On estime que cette installation permet de produire 300 tonnes de lingots par vingt-quatre heures.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Russie. — La Russie est un des pays où l'emploi du convertisseur à revêtement acide a conservé le plus d'importance; des renseignements sur le fonctionnement de cet appareil avaient été fournis par les Aciéries du Donetz (Droujkofka), la Société de la Nouvelle Russie (Yousovo) et les Établissements Demidoff (Taguil).

Usine de Droujkofka. — A Droujkofka, la fonte liquide est coulée d'abord dans un mélangeur de 100 tonnes, qui reçoit également, à l'occasion, celle provenant des cubilots.

L'aciérie comprend trois convertisseurs acides de 8 tonnes, pouvant faire 25 opérations par vingt-quatre heures : l'acier est reçu dans une poche portée par une locomotive et coulé dans une halle distincte.

La machine soufflante est du type horizontal compound; elle débite 350 mètres cubes d'air par minute, à la pression de 2 kilogrammes par centimètre carré et développe 600 chevaux. Elle est alimentée de vapeur par trois chaudières aquatubulaires, chauffées à la houille, présentant ensemble une surface de chauffe de 650 mètres carrés.

Usine de Yousovo. — A Yousovo, l'installation des convertisseurs est de date récente; elle n'a commencé à fonctionner qu'en mai 1898. L'atelier se compose de deux convertisseurs de 15 tonnes chacun, à revêtement acide, recevant la fonte liquide des mélangeurs et déversant le métal fondu dans une poche de coulée portée par une grue hydraulique. Cette grue amène la poche dans une position fixe, au-dessus d'une voie sur laquelle circulent, par groupes de 7, de petits chariots supportant chacun deux lingotières. C'est au moyen du déplacement des chariots, réglé par un piston hydraulique, qu'on assure le remplissage successif de ces lingotières. Aussitôt la solidification effectuée, les lingots sont démoulés par un extracteur hydraulique, à axe vertical : les lingotières sont enlevées par l'appareil et déposées sur une autre plate-forme; les lingots restés sur la plate-forme primitive vont à l'atelier du laminage.

La durée du traitement d'une charge de convertisseur est de vingt minutes en moyenne; on ajoute à la fin 6 à 8 p. 100 de spiegel. Le déchet est de 12 à 15 p. 100. On fait de 30 à 50 coulées par vingt-quatre heures et on travaille cinq jours et demi par semaine.

Les revêtements intérieurs durent de cinq à six mois, moyennant quelques réparations peu importantes. Les fonds font 15 coulées en moyenne; leur remplacement se fait en trente à quarante minutes et ne refroidit que fort peu l'appareil.

La composition normale de l'acier à rails est la suivante :

	p. 100.		p. 100.
Carbone	0.40–0.45	Phosphore	0.065
Silicium	0.08	Soufre	0.02
Manganèse	1.10		

La résistance de ce métal à la traction est de 68 à 83 kilogrammes par millimètre carré et l'allongement, de 6 à 15 p. 100.

La production d'acier Bessemer, à Yousovo, a été de 93,355 tonnes en 1899.

Usines de Taguil. — Les premiers essais d'introduction du procédé Bessemer aux usines de Taguil remontent à l'année 1860, mais c'est seulement en 1876 que fut installée, à l'usine de Nijni-Salda, une paire de convertisseurs de 4 à 5 tonnes, la première qui ait fonctionné en Russie. L'installation avait été faite sur des plans fournis par l'usine de Terrenoire, avec coulée directe de la fonte liquide à sa sortie des hauts fourneaux. Les irrégularités de marche de ces derniers appareils, irrégularités dues à la trop grande richesse du lit de fusion, furent la cause de graves difficultés à l'origine. A cette époque, le chauffage du vent se faisait avec des appareils en fonte; aussi l'allure n'était-elle pas assez chaude. Bien souvent la teneur en silicium tombait au-dessous du chiffre normal, 1 à 1.25 p. 100, et s'abaissait à 0.6 ou même 0.3 p. 100; le fonctionnement régulier des convertisseurs devenait impossible.

Pour éviter ces inconvénients, M. Polenoff, directeur de l'usine de Nijni-Salda, imagina, vers l'année 1879, d'intercaler entre le haut fourneau et le convertisseur un four Siemens, d'une capacité de 9 à 10 tonnes, fonctionnant à la fois comme réservoir de fonte et comme surchauffeur.

La fonte y est dirigée au moment de la coulée du haut fourneau et y passe deux heures environ; elle en sort à une température supérieure à 1,400 degrés. Introduite dans le convertisseur, elle absorbe complètement l'oxygène du vent dès le début de l'opération; l'élimination du carbone commence immédiatement, en même temps que celle du silicium.

Avec une proportion de ce métalloïde, s'élevant à 0.75 p. 100 seulement, on a déjà des coulées chaudes; avec une teneur supérieure à 1 p. 100 de silicium, on doit ajouter dans le four Siemens des bouts de rails ou d'autres riblons, dans une proportion qui va jusqu'à 40 p. 100 du poids total de la charge si la fonte tient 2 p. 100 de silicium.

Les deux exemples ci-dessous donnent une idée des réactions qui se produisent dans les deux cas.

1° Traitement d'une fonte blanche, sans additions :

		Si.	Mn.	C.
		p. 100.	p. 100.	p. 100.
Composition	initiale de la fonte	0.75	2.60	3.70
	à la sortie du réverbère	0.70	2.01	3.65
	après 3 minutes de soufflage	0.56	1.31	2.50
	après 6 minutes de soufflage	0.47	1.31	1.40
	après 9 minutes de soufflage	0.43	1.01	1.05
	après 12 minutes de soufflage	0.33	0.65	0.55
	après 14 minutes et demie (fin de l'opération)	0.026	0.31	0.28

2° Traitement d'une fonte grise, avec addition d'une quantité de bouts de rails représentant la moitié du poids de la fonte et tenant Si = 0.21 p. 100 — Mn = 0.20 p. 100 — C = 0.45 p. 100 :

		Si. — p. 100.	Mn. — p. 100.	C. — p. 100.
Composition	de la fonte à la sortie du fourneau.	1.96	3.45	4.40
	de la charge dans le réverbère (calculée).....	1.31	2.37	3.02
	de la charge à la sortie du réverbère (réelle).....	1.18	1.72	2.28
	après 4 minutes de soufflage....	0.68	1.12	1.34
	après 8 minutes de soufflage....	0.35	0.80	0.70
	après 12 minutes (fin du soufflage).	0.018	0.125	0.28
	après addition de 3.33 p. 100 de fonte grise.....	0.02	0.275	0.33

On avait dû ajouter dans le convertisseur 10 p. 100 de chutes de rails, froides, pour abaisser la température du bain.

On peut parfois supprimer l'addition finale quand le métal contient encore une proportion suffisante de manganèse à la fin du soufflage.

Suède. — Le procédé Bessemer acide est employé dans un assez grand nombre d'usines suédoises, mais dans des conditions spéciales. Les convertisseurs sont de dimensions relativement faibles; leurs charges ne dépassent pas 3 à 4 tonnes et se réduisent à 1 tonne à l'usine d'Avesta. On emploie, il est vrai, dans cette usine non pas des convertisseurs du type ordinaire, avec tuyères au fond, mais bien un convertisseur à soufflage latéral avec tuyère unique.

Les fontes traitées ne renferment que 0.6 à 1 p. 100 de silicium, mais leur teneur en manganèse est de 1.5 à 2.5 p. 100.

La pression du vent ne dépasse pas 1 mètre de mercure, dans le cas où la fonte est franchement grise, 0 m. 60, si elle est blanche.

Dans de pareilles conditions, l'allure ne saurait être très chaude, aussi a-t-on cherché à atténuer le refroidissement pendant la coulée. M. Casperson avait proposé, à cet effet, en 1889, l'emploi d'une sorte de poche à quenouille qui se fixait sur la gueule du convertisseur. Cette disposition compliquait le travail de coulée; aussi a-t-elle été abandonnée généralement.

La teneur des charges en manganèse est généralement assez élevée, en Suède, pour permettre la suppression de l'addition finale; c'est un avantage au point de vue de l'homogénéité du produit. Cette circonstance, jointe à la pureté des matières premières, permet aux usines suédoises d'obtenir au convertisseur acide des aciers d'une qualité réellement exceptionnelle.

EXEMPLES
D'INSTALLATIONS DE CONVERTISSEURS BASIQUES.

Seules, les aciéries françaises avaient fourni des renseignements un peu détaillés sur l'application du procédé Thomas-Gilchrist.

Usine de Mont-Saint-Martin. — L'aciérie basique de Mont-Saint-Martin (Société des aciéries de Longwy), dont l'installation remonte à une vingtaine d'années, appartient à un type très compact, mais présentant quelques inconvénients au point de vue de la commodité et de l'entretien. Ce type est celui du bassin à trois convertisseurs de 15 tonnes, combiné pour assurer le fonctionnement continu de l'un de ces appareils. Le premier bassin de ce modèle a été mis en activité à Longwy, le 19 février 1883, date qui suffit pour expliquer son caractère moins moderne que celui de certaines installations voisines, de création beaucoup plus récente.

Un second bassin a été installé plus tard, en conservant le même plan afin de simplifier l'entretien.

On tire d'ailleurs, à Longwy, un excellent parti de cette installation un peu ancienne, puisqu'on obtient de 46 à 50 coulées par vingt-quatre heures, ce qui correspond à une production de 14,000 tonnes de lingots par mois.

Les accessoires de l'aciérie sont les suivants :

1° Quatre batteries de chaudières de 4,000 mètres carrés de surface de chauffe totale;

2° Deux machines soufflantes de 1,500 chevaux chacune, l'une de Bayenthal, l'autre du Creusot; plus les pompes de compression pour manœuvres hydrauliques, fournissant l'eau sous une pression de 50 kilogrammes par centimètre carré; deux accumulateurs, etc.;

3° Dix grues hydrauliques servant à l'enlèvement des lingots;

4° Trois cubilots permettant de travailler, à l'occasion, en deuxième fusion et soufflés par un ventilateur électrique pouvant développer 60 chevaux;

5° Un atelier de réparation des revêtements dolomitiques, comprenant quatre cubilots à dolomie, des broyeurs, tamiseurs, malaxeurs, etc., actionnés par un moteur électrique de 30 chevaux, une presse à vapeur pour damer les fonds, des étuves pour cuisson de ces fonds, etc.;

6° Un assortiment de lingotières permettant de produire des lingots pesant de 50 kilogrammes à 12 tonnes.

L'aciérie est desservie par une grue locomotive de 8 tonnes et une autre de 4 tonnes pour le service du parc à lingots.

Les aciéries de Longwy produisent surtout du métal doux ou extra-doux; elles obtiennent même un métal spécial tenant 0.06 à 0.08 p. 100 de carbone, 0.03 à 0.06 p. 100 de phosphore et 0.32 p. 100 de manganèse qu'elles vendent comme équi-

valent aux fers de Suède. Accessoirement, elles livrent une certaine quantités d'acier de dureté moyenne, sous forme de rails de forte section.

Deux mélangeurs de fonte, d'une capacité de 200 tonnes chacun, étaient en construction au moment de l'Exposition de 1900; leur fonctionnement doit assurer à l'aciérie une plus grande régularité de marche.

Usine de Micheville. — L'aciérie de Micheville possède deux mélangeurs de fonte, d'une capacité de 160 tonnes chacun, ayant la forme de convertisseurs couchés que l'on soulève au moyen d'un piston hydraulique placé sous leur partie arrière pour provoquer le déversement de la fonte.

La fonte qui en provient est transportée, dans une poche, aux convertisseurs, qui sont au nombre de quatre, et rangés en ligne droite. Ces convertisseurs sont revêtus de briques de dolomie comprimées à la presse hydraulique; seuls les fonds sont en pisé dolomitique, damé à la machine. Ces fonds sont percés de buses nombreuses, régulièrement réparties; ils font 35 coulées environ, tandis que l'on ne pouvait dépasser le chiffre de 25 avec les fonds donnés à la main.

Les convertisseurs coulent deux par deux dans deux fosses circulaires avec grue hydraulique centrale, desservies chacune par deux grues hydrauliques à démouler, d'une puissance de 6 tonnes.

Les lingots ont une dimension constante à la base, 0 m. 51 sur 0 m. 51; leur poids varie entre des limites assez restreintes, 1,800 et 2,500 kilogrammes; sa variation est obtenue exclusivement par une modification de la hauteur du lingot. Celui-ci passe toujours au blooming avant finissage, quel que soit le profil définitif à obtenir.

Les machines soufflantes de l'aciérie sont au nombre de deux, du type vertical à deux cylindres: la plus ancienne est du type compound, la deuxième est à cylindres indépendants. Leurs dimensions principales sont les suivantes :

		MACHINES	
		COMPOUND.	À DEUX CYLINDRES INDÉPENDANTS.
Diamètre	du petit cylindre	1m450	1m400
	du grand cylindre	2 200	1 400
	des cylindres à vent	1 650	1 750
Cours commune		1 500	1 400
Nombre de tours par minute		45	60
Pression du vent (par centimètre carré)		2 kil.	2 kil.
Débit de vent par minute (en mètres cubes)		550	800

Aussitôt démoulés, les lingots sont transportés par locomotives dans des fosses (*pits*) en briques réfractaires où leur température s'égalise. Ils en sont extraits et déposés sur un culbuteur qui les couche sur un jeu de rouleaux actionnés par une machine à vapeur, de manière à les amener au train blooming.

Les aciers obtenus à Micheville forment une série très étendue, définie par les coefficients suivants :

DÉSIGNATION.	MÉTAL NON RECUIT			MÉTAL RECUIT		
	R.	A.	$\frac{s}{S}$.	R.	A.	$\frac{s}{S}$.
	kilogr.	p. 100.	p. 100.	kilogr.	p. 100.	p. 100.
Extra-doux	40 0	31.5	0.345	39 1	33.5	0.305
Doux — n° 5	42 5	30.5	0.355	41 1	31.0	0.325
Doux — n° 4	43 8	28.5	0.385	42 4	29.5	0.365
Doux — n° 3	44 1	27.5	0.415	43 5	28.0	0.385
Doux — spécial	49 3	27.0	0.450	48 0	27.5	0.420
Demi-dur. — n° 2	55 2	23.5	0.500	54 0	24.0	0.440
Demi-dur. — n° 2 *bis*	63 7	20.5	0.520	61 5	23.0	0.475
Dur n° 1	74 5	15.0	0.625	72 5	18.5	0.555

Les compositions centésimales suivantes avaient été indiquées pour deux des types ci-dessus :

	DOUX N° 5.	ACIER À RAILS.
	p. 100.	p. 100.
Carbone	Moins de 0.08	0.30 — 0.33
Silicium	Néant.	0.10 — 0.15
Manganèse	0.30 — 0.39	0.85 — 1.00
Phosphore	0.03 — 0.05	0.05 — 0.09
Soufre	0.04 — 0.06	0.05 — 0.06

Usine de Pompey. — L'aciérie Thomas de la Société de Pompey a été commencée peu après celle de Micheville, mais elle est entrée en fonctionnement à une date beaucoup plus récente Elle comprend trois convertisseurs de 10 tonnes, placés en ligne, avec une fosse de coulée rectiligne, desservie par un chariot de coulée. Quatre grues hydrauliques servent au démoulage des lingots. La fonte est amenée directement, dans une poche, des hauts fourneaux aux convertisseurs. Le soufflage de ceux-ci est assuré, sous une pression de 2 kilogr. 15, par une machine débitant 500 mètres cubes par minute, à la vitesse de 50 tours.

Usine du Poirier, près Valenciennes. — L'aciérie Thomas, de la Société des forges et aciéries du Nord et de l'Est, au Poirier, près Valenciennes, a été établie à flanc de coteau, de manière à permettre l'aménagement d'un plateau de manœuvres et de manutentions au niveau de la ligne de Valenciennes à Aulnoye, à 9 m. 50 au-dessus du niveau général de l'usine. Ce plateau sert en même temps de dépôt pour toutes les matières premières servant à la fabrication de l'acier.

A un niveau inférieur de 6 mètres au précédent, à 3 m. 50 au-dessus du sol d'usine, se trouve le plancher de l'atelier de fusion. Celui-ci comprend trois grands cubilots,

pouvant fondre chacun 20 tonnes à l'heure, et trois petits cubilots à spiegel. Le soufflage est assuré, sous une pression de 0 m. 80 à 1 mètre d'eau, par deux ventilateurs Root, actionnés par une machine à vapeur, à deux cylindres et à condensation.

La fonte liquide est reçue dans une poche circulant sur des voies de 0 m. 90, pesée sur une bascule et envoyée ensuite aux convertisseurs. Elle est relevée à un niveau convenable par un élévateur hydraulique placé entre deux cornues pouvant produire 10 à 11 tonnes d'acier par charge. La chaux est amenée dans des wagonnets s'ouvrant par le fond et se vidant dans un entonnoir suspendu qu'on engage dans la gueule du convertisseur.

La coulée de l'acier s'effectue dans une poche supportée par une forte grue hydraulique, possédant un mouvement radial qui permet de placer des lingotières sur plusieurs rangées concentriques dans la fosse de coulée, profonde de 1 mètre environ.

Le démoulage est effectué par trois grues hydrauliques, d'une portée de 7 mètres et d'une puissance de 7,000 kilogrammes. La pression de l'eau motrice est de 25 kilogrammes par centimètre carré. L'extrémité supérieure de l'arbre de ces grues est guidée dans la charpente, à 14 mètres de hauteur : cette disposition, d'origine américaine, a donné d'excellents résultats, depuis une vingtaine d'années, au point de vue de la facilité d'entretien et de la régularité du travail.

Les convertisseurs se décomposent en trois parties; en cas de réparations, la partie centrale, avec ses tourillons, reste seule en place; le fond et le bec de l'appareil, au contraire, peuvent être enlevés par un fort élévateur hydraulique et transportés à l'atelier des produits réfractaires. Ces manœuvres sont facilitées par l'emploi d'un pont roulant de 30 tonnes, à commande télédynamique.

Le soufflage est assuré par une machine à vapeur, à deux cylindres à vapeur de 1 m. 30 et deux cylindres à vent de 1 m. 40 de diamètre, avec course de 1 m. 50. La pression du vent varie de 1 kilogr. 20 à 1 kilogr. 80; le travail développé par la machine, à une vitesse de 40 à 45 tours par minute, est de 1,000 à 1,200 chevaux indiqués.

Le refroidissement des lingotières s'effectue par immersion.

Usine d'Homécourt. — L'aciérie d'Homécourt, de la Société de Vezin-Aulnoye, a été construite sur un terrain de 60 hectares, qui a été arasé et nivelé de manière à assurer une descente régulière des matières, depuis la recette des puits d'extraction du minerai jusqu'au parc d'expédition des produits finis.

On a vu que les hauts fourneaux sont sur une seule ligne, parallèle à celle des accumulateurs de minerai et de coke. La fonte liquide est envoyée aux mélangeurs, au nombre de deux et de 160 tonnes de capacité chacun; elle est déversée dans une poche circulant sur une voie qui l'amène au niveau des convertisseurs de l'aciérie. Ces convertisseurs basiques, au nombre de quatre, ont une capacité de 15 tonnes : ils coulent dans une poche qu'une grue locomotive transporte dans une halle spéciale de coulée. La coulée se fait dans des lingotières placées sur chariots; les lingots sont démoulés au moyen d'une machine spéciale, du système Aitken, puis envoyés soit à des

pits chauffés, si l'on veut laminer des profils un peu compliqués, soit à des pits non chauffés, s'il s'agit de laminer simplement des blooms ou des billettes.

On peut considérer cette installation comme représentant le type le plus perfectionné fonctionnant en France actuellement.

Usine du Creusot. — L'installation des convertisseurs basiques du Creusot ne présente pas d'intérêt bien spécial par elle-même; dérivant de la transformation d'une ancienne installation à garnissage acide, elle peut produire néanmoins de 70,000 à 75,000 tonnes de lingots par an, grâce aux améliorations de détail apportées dans l'aménagement. Pour réduire les pertes de temps dues aux changements de fonds, on y a remplacé, depuis plusieurs années, les tuyères silico-alumineuses par des tuyères en magnésie, fabriquées à l'usine annexe de Perreuil. On a pu ainsi assurer aux fonds une durée de 60 à 100 coulées, au lieu de 25 à 35.

Une autre amélioration intéressante, mais ne concernant qu'indirectement l'aciérie, consiste dans l'agrandissement considérable des fours à chaux desservant les convertisseurs. Ces fours ont maintenant 16 mètres de hauteur avec 3 mètres de diamètre au ventre : ils sont garnis de briques de bauxite dans la zone la plus chaude. Leur chargement se fait, comme celui des hauts fourneaux, au moyen de bennes à fond conique se vidant automatiquement quand on les dépose sur le gueulard. On les amène au-dessus de celui-ci au moyen d'un câble porteur passant au-dessus du gueulard des fours; un câble tracteur assure leur mouvement de translation. Chacun des trois fours construits peut donner 30 mètres cubes de chaux par vingt-quatre heures.

AFFINAGE SUR SOLE.

La création du procédé d'affinage sur sole est un peu plus récente que celle du procédé Bessemer, car c'est seulement vers 1865 qu'il entra en fonctionnement régulier à l'usine de Sireuil; son développement fut d'ailleurs assez lent à l'origine. Sa première application importante fut faite à l'usine Verdié et Cie, de Firminy, en 1867; il se propagea d'abord en France, puis en Allemagne, en Autriche et aux États-Unis.

La diffusion du procédé s'effectua lentement en Angleterre; ce pays, qui devait, en 1899, se placer au premier rang dans le monde au point de vue de la production de l'acier sur sole, ne possédait en 1869 qu'une seule usine se livrant à cette fabrication. En Suède, où l'on est arrivé à obtenir au four Siemens-Martin des aciers sensiblement équivalents à ceux fabriqués au creuset, l'emploi de ce four n'a pris une importance réelle qu'à partir de 1880.

Il faut reconnaître que la formule de travail primitivement adoptée n'était pas sans présenter certaines difficultés d'application. Elle consistait à fondre, sur une sole de four Siemens, faite en sable quartzeux aggloméré, une certaine quantité de fonte et à dissoudre progressivement dans le bain liquide des riblons, chauffés le plus souvent au rouge afin d'accélérer leur dissolution. L'opération était dirigée en vue d'obtenir de l'acier fondu par un mélange convenable de fonte et de fer doux, suivant la formule proposée autrefois par Réaumur; on se préoccupait assez peu, en théorie du moins, des réactions oxydantes exercées par la flamme, réactions dont l'importance n'était pas exactement appréciée à cette époque. En pratique, il fallait bien en tenir compte et c'est ce qu'on faisait en faisant entrer dans la composition initiale de la charge des fontes tenant une proportion sensible de manganèse. Plus tard, une appréciation plus juste des réactions chimiques de l'opération conduisit à substituer aux fontes miroitantes des fontes grises non phosphoreuses et à compenser les effets de l'oxydation au cours du travail par une addition finale de fonte manganésifère, comme dans le procédé Bessemer.

Dès 1863, cependant, dans un brevet fort important au point de vue théorique, L. Le Chatelier avait indiqué la possibilité d'employer le four Siemens non plus simplement comme appareil de fusion, mais bien comme appareil d'affinage, en faisant intervenir au besoin des matières oxydées comme agent d'oxydation. C'était le point de départ du procédé d'affinage au minerai (*ore process*) que C. W. Siemens commença à expérimenter, à partir de 1871, à l'usine de Landore (South Wales). Cette variante de l'affinage sur sole a pris un développement considérable en Angleterre et en Écosse; elle résolvait en effet la difficulté de l'approvisionnement en riblons, qui s'était soulevée dès que la fabrication de l'acier sur sole, par la formule primitive, avait acquis une certaine importance. Pratiquée sur sole siliceuse, comme elle l'est d'ordinaire dans le Royaume-Uni, elle constitue un compromis médiocrement satisfaisant entre deux nécessités contradictoires, celle de l'accélération de l'affinage, qui conduirait à augmenter les additions

d'oxyde de fer et celle de la conservation de la sole, qui conduirait à les réduire. Cette dernière considération, d'ailleurs, oblige à maintenir les scories à un degré d'acidité tel que l'élimination du phosphore reste très limitée : on ne peut donc employer que des matières premières contenant une très faible quantité de ce métalloïde.

C'est la substitution de matières basiques à la silice, pour la confection des soles, qui a donné la véritable solution du problème. Elle exige, il est vrai, l'emploi de minerais ne contenant qu'une proportion très faible de silice, 3 à 4 p. 100 au plus, et même avec de pareils minerais, nécessite des précautions spéciales dans la conduite du travail, car l'oxyde de fer pur attaque énergiquement les soles en dolomie frittée. l'on a soin d'étaler sur la sole, avant l'introduction des charges, une couche de calcaire ou de chaux, on peut éviter toute corrosion et se trouver même parfois dans l'obligation de recreuser la sole, qui se recouvre peu à peu d'un dépôt de scories très calcaires et, par suite, très peu fusibles. C'est sur le continent européen que s'est développé le travail sur sole basique ; parmi les usines qui ont contribué à l'établir sur des bases rationnelles, on doit signaler en première ligne l'usine de Huta-Bankowa (Pologne russe).

La mise en fonctionnement régulier de l'affinage sur sole basique a nécessité la solution de beaucoup de difficultés de détail, notamment de celle résultant du contact des matériaux dolomitiques avec les matériaux siliceux. On a résolu cette difficulté spéciale par l'interposition d'assises particulièrement résistantes au point de vue chimique et formées, soit de magnésie, soit de fer chromé.

L'infusibilité de cette dernière matière et sa résistance à la plupart des agents chimiques ont conduit à essayer de la substituer à la dolomie frittée ou à la magnésie pour la confection des soles. On a éprouvé des difficultés assez sérieuses pour l'agglomérer convenablement et pour éviter la mise en suspension de grains de fer chromé dans le bain métallique. L'expérience a prouvé, en outre, que ce bain absorbait une certaine quantité de chrome au contact de la sole et que la qualification de neutre, appliquée à celle-ci, n'était pas précisément exacte. Ces circonstances, jointes au prix assez élevé de la matière première, restreignent singulièrement l'emploi des soles en fer chromé.

La variante basique du travail sur sole exige l'obtention d'une température notablement plus élevée, dans le laboratoire du four, que la variante acide. Dans cette dernière, les scories obtenues fondent à une température plus basse que le fer, soit pur, soit légèrement suroxydé ; les scories basiques fondent au contraire à une température égale ou même plus élevée. Le travail de déphosphoration exige donc une puissance de chauffage plus considérable, c'est-à-dire des gazogènes plus importants et des empilages plus volumineux. Ces empilages doivent, d'ailleurs, être protégés par des dispositions convenables contre les entraînements de scories basiques.

La voûte, construite en briques de silice, est attaquée énergiquement par les projections de pareilles scories ; aussi convient-il de la surélever dans sa partie médiane. Cette modification augmente, d'ailleurs, sa stabilité et améliore plutôt les conditions

de chauffage ; aussi l'ancien profil de voûte, surbaissé dans sa partie centrale, a-t-il été abandonné, même pour le travail sur sole acide.

Les brûleurs sont formés en général de canaux convergents en plan et assez plongeants ; les dispositions adoptées pour leur construction diffèrent d'ailleurs beaucoup d'une usine à l'autre.

Il en est de même des dispositions de coulée. On rencontre encore quelques exemples de coulée directe du métal dans les lingotières placées sur une rangée de chariots que l'on fait avancer progressivement sur une voie placée en contre-bas du four. Cette manière de procéder est peu favorable à la régularité de composition des lingots obtenus ; on lui substitue généralement la coulée à la poche. Combiné avec l'emploi de grues sur pivot hydraulique, disposées comme dans les anciennes installations Bessemer, ce dernier mode de coulée s'adapte assez difficilement aux conditions de travail du four Siemens-Martin. Si on installe un appareil par four, l'utilisation de cet appareil est peu satisfaisante ; si l'on veut desservir, avec une seule grue de coulée, deux ou, au maximum, trois fours, la coulée doit se faire dans un espace restreint et dans des conditions peu favorables.

La solution la plus rationnelle consiste à placer les fours sur une seule ligne et à les faire desservir par une poche-locomotive qui se transporte dans un autre atelier pour faire la coulée des lingots, soit en fosse, soit sur truck, suivant la formule indiquée à l'occasion du travail au convertisseur.

Les scories de déphosphoration sont préparées comme celles obtenues au convertisseur et vendues à l'agriculture. Elles sont généralement un peu moins riches en acide phosphorique que celles du procédé Thomas-Gilchrist.

Les dispositions générales du four Siemens-Martin ont subi peu de modifications depuis l'origine, en Europe du moins. La surélévation des voûtes, l'agrandissement des empilages, l'établissement des plaques de sole sur des poutrelles qui les rendent indépendantes des mouvements de la maçonnerie, des empilages etc., ne sont, en effet, que des remaniements secondaires.

La séparation complète du four et de ses empilages, avec adoption d'une forme cylindrique pour ceux-ci (disposition Batho, Dick et Riley, etc.), ne paraît pas avoir donné des résultats très satisfaisants. Elle augmente beaucoup la surface occupée, ainsi que le rayonnement extérieur, sans présenter d'avantages sensibles au point de vue de l'économie du combustible ou de la durée des campagnes. Avec des fours ordinaires, bien établis, conduits avec soin et réparés en marche dans la mesure de ce qui est pratiquement admissible, on peut faire des campagnes d'un an environ, soit de 800 coulées en travail basique. Il y a peu d'intérêt à dépasser ce chiffre.

Une question beaucoup plus intéressante serait celle de l'augmentation du nombre de coulées par vingt-quatre heures. Ce nombre dépend avant tout de la formule de travail adoptée ; quand les riblons forment l'élément prédominant de la charge et que l'opération n'est guère autre chose qu'une simple fusion, on fait facilement quatre coulées par vingt-quatre heures et on peut même parfois en obtenir de cinq à six ; quand on affine,

au moyen d'additions de minerai, des charges composees à peu près exclusivement de fonte, on ne peut guère dépasser le nombre de deux coulées et demie. Cela tient surtout à ce que l'affinage par l'action de l'oxyde de fer est une réaction endothermique et que la transmission de la chaleur s'effectue très lentement à travers une couche de scories calcaires, peu conductrices.

En compensation, le travail au minerai donne lieu non pas à un déchet, comme les autres procédés d'affinage, mais bien à un boni de rendement appréciable.

L'introduction de la fonte à l'état liquide accélère un peu le travail et permet de réaliser une économie sensible sur la consommation de combustible. Il semble qu'elle ait été mise en pratique pour la première fois à l'usine de Huta-Bankowa, près Dombrowa (Pologne russe), le 17 juin 1889; elle y est restée d'un usage courant depuis cette époque. On lui a reproché de détériorer la sole au point de déversement de la fonte liquide; il est facile d'obvier à cet inconvénient en entassant en ce point du calcaire et des riblons.

L'usine de Witkowitz (Moravie) avait commencé à employer la fonte liquide presque en même temps que celle de Huta-Bankowa; elle pratiquait d'ailleurs, depuis plusieurs années dejà, un procédé mixte consistant à terminer sur sole basique l'affinage d'une fonte préalablement soufflée au convertisseur jusqu'à élimination du silicium et d'une partie du carbone. Ce procédé a l'avantage de s'adapter assez bien au traitement de fontes trop pauvres en phosphore pour permettre l'application du procédé Thomas-Gilchrist. Il peut convenir à une usine possédant déjà, comme celle de Witkowitz, une installation Bessemer complète et cherchant à obtenir, par un complément d'affinage sur sole, une qualité supérieure pour ses produits. Mais on peut se demander s'il ne serait pas plus rationnel d'appliquer, ou bien le procédé Thomas-Gilchrist, en relevant convenablement la teneur des fontes en phosphore par repassage au haut fourneau des scories du convertisseur, ou bien, au contraire, le travail ordinaire sur sole basique en conduisant les hauts fourneaux en vue de la production d'une fonte à la fois pauvre en silicium et un peu manganésifère. Enfin, au point de vue pratique, la combinaison des périodes de travail du convertisseur et du four Siemens-Martin présente certaines difficultés qui risquent de réduire la puissance de production des deux appareils.

Les tentatives faites à diverses reprises pour accélérer l'affinage au moyen d'un soufflage pratiqué dans le bain métallique ont toutes été abandonnées à cause de la détérioration trop rapide de la sole ou de la voûte, provoquée par les projections de scories.

Le fractionnement de l'affinage sur sole en deux phases distinctes, pratiquées dans deux fours différents avec transvasement du métal liquide de l'un dans l'autre, a été breveté à une époque assez récente, sous le nom de procédé Bertrand-Thiel. Ce procédé, créé dans l'usine de Kladno, ne s'est répandu jusqu'ici que dans un petit nombre d'aciéries; les renseignements que l'on possède au sujet de son fonctionnement ne sont pas très concluants jusqu'ici. Nous devons cependant signaler ceux fournis par l'usine du Creusot, qui déclare avoir produit 10,000 tonnes de métal par le procédé Bertrand-Thiel, du mois de décembre 1898 au mois de mai 1900.

Au point de vue économique, la question du chargement mécanique du four Siemens-Martin a une réelle importance, surtout quand les riblons prédominent dans la composition de la charge. Dans le cas où la fonte constitue la principale matière première, son introduction à l'état liquide simplifie la solution du problème.

L'usine de Witkowitz, en Autriche, M. Samuel T. Wellmann, aux États-Unis, paraissent avoir établi à peu près simultanément, en 1887, sur un plan fort analogue, un type d'appareil destiné à assurer le chargement mécanique du four Siemens-Martin. Dans ce type, le mouvement de translation était obtenu au moyen d'un piston hydraulique actionnant, par l'intermédiaire d'une double chaîne et de renvois, la tige à coulisse qui portait la caisse de chargement : le mouvement de rotation était assuré par un autre piston hydraulique conduisant une crémaillère, qui engrenait elle-même avec un pignon calé sur l'arbre mobile du chargeur.

Les manœuvres étaient assez lentes ; pour cette raison ou pour une autre, l'usine de Wittkowitz renonça à l'emploi de son appareil, tandis que M. Wellmann, au contraire, perfectionnait le sien. En substituant des moteurs électriques aux pistons hydrauliques et en adoptant une disposition permettant la substitution rapide d'une caisse de chargement à une autre à l'extrémité de la tige de manœuvre, il a obtenu un type assez pratique pour être mis en service dans un certain nombre d'aciéries des États-Unis.

La Société des aciéries de France, de son côté, a créé un type analogue qui donne, en outre, la possibilité d'orienter le bras de chargement obliquement sur le chariot qui porte l'appareil.

Un modèle de cet appareil figurait à l'Exposition.

Une solution différente du problème est fournie par l'emploi des fours oscillants dont le type le plus ancien est le four Campbell. Le trait essentiel de cet appareil est l'installation du four tout entier sur un bâti métallique très robuste, monté sur plusieurs couronnes de galets. Ces couronnes roulent elles-mêmes sur des voies circulaires concentriques de manière à assurer la rotation de tout le système autour d'un axe horizontal passant par le milieu des deux brûleurs extrêmes. Deux pistons hydrauliques servent à donner à tout le système une certaine inclinaison par rapport à sa position d'équilibre normal et à le ramener ensuite dans cette dernière position. Avec une inclinaison de 30 degrés sur l'horizon, on peut assez facilement introduire la charge au moyen de couloirs en tôle; la même manœuvre permet d'effectuer la coulée du métal liquide par déversement. Une dizaine de fours de ce système fonctionnent à Steelton (Pensylvanie); six d'entre eux reçoivent des charges de 45 tonnes.

M. Samuel T. Wellmann a adopté une disposition un peu différente pour faire varier l'inclinaison du four. Il établit celui-ci sur deux berceaux en acier moulé, roulant sur des plates-formes bien dressées, également en acier. La manœuvre d'inclinaison est effectuée, comme dans le four Campbell, au moyen de pistons hydrauliques; en cas de rupture d'une bielle de connexion, le four revient, par son propre poids, dans sa position normale.

M. Wellmann n'utilise pas la mobilité de son appareil pour en effectuer le charge-

ment; il préfère se servir à cet effet de son chargeur électrique. Le mouvement d'inclinaison ne sert donc qu'à la coulée : cette opération s'effectue soit avec une poche ordinaire, soit au moyen d'une poche formant avant-creuset que l'on fixe sur le côté du four.

La difficulté essentielle du fonctionnement des fours oscillants est l'existence d'un joint ouvert entre les brûleurs fixes et les orifices extrêmes de la partie mobile de l'appareil. M. Wellmann a cherché à résoudre la difficulté en terminant les brûleurs par des bâches à eau mobiles dans lesquelles coulissent des pièces en terre réfractaire également mobiles : on retire ces pièces en arrière lorsqu'on veut incliner le four, et on les remet en place pendant la période de chauffage.

La Wellmann Seaver Engineering Company, à Cleveland (Ohio), avait exposé des dessins des appareils imaginés par M. Samuel T. Wellmann; elle a obtenu une médaille d'or.

M. Talbot a employé, aux aciéries de Pencoyd (Pensylvanie), le four Wellmann de manière à réaliser un affinage continu, pour ainsi dire. Il coule, à des intervalles assez rapprochés, une fraction relativement faible de la charge totale, un quart par exemple, et la remplace par une quantité équivalente de fonte, avec la quantité de minerai nécessaire pour son affinage. Le four n'est vidé complètement qu'à la fin de chaque semaine; la sole n'est donc presque jamais exposée à l'action des scories très ferrugineuses qui se forment au moment de l'introduction d'une nouvelle charge. D'une manière générale, la température est beaucoup plus régulière et les réactions doivent par suite, d'après l'inventeur du procédé, se développer avec plus de rapidité, de manière à permettre, dans un temps donné, une production plus forte qu'en cas de marche intermittente. La composition du produit final pourrait, dit-on, être réglée avec la même précision qu'avec la formule ordinaire.

Les chargeurs mécaniques sont peu employés en Europe et aucun four oscillant n'y a été installé jusqu'ici. Les fours à régénérateurs indépendants y sont peu nombreux; c'est l'ancien type, à empilages placés au-dessous de la sole, qui est généralement en usage. A côté du convertisseur, employé pour les grosses fabrications, le travail sur sole soit acide, soit basique, a pris une importance considérable pour la production du métal destiné à la fabrication des tôles, des fers marchands, des moulages, des aciers à canons ou à blindages et même des aciers à outils.

EXEMPLES
D'INSTALLATIONS D'AFFINAGE SUR SOLE ACIDE.

L'affinage sur sole acide, avec ou sans additions de minerai, a pris une importance considérable aux États-Unis et dans la Grande-Bretagne, puisque ces deux pays ont produit chacun, en 1899, environ 2,750,000 tonnes par ce procédé. Il n'existait cependant, dans la section anglaise, aucune indication relative à ce procédé de production des lingots; dans la section américaine, seule l'usine de South Bethlehem avait fourni quelques renseignements sur les dispositions générales de son aciérie Siemens-Martin, où prédominent les appareils à sole acide.

Dans la section italienne, l'usine de Terni; dans la section russe, l'usine de Yousovo; dans la section suédoise, l'usine de Fagersta, ont été plus explicites.

Usine de South Bethlehem. — L'usine de South Bethlehem, appartenant à la Bethlehem Steel Company, renferme huit fours Siemens-Martin, se décomposant en un four à sole acide de 10 tonnes, un de 20 tonnes et quatre de 40 tonnes, plus deux fours basiques de 40 tonnes. La halle a 190 mètres de long; la plate-forme de chargement, 145 mètres de long sur 8 m. 50 de large; elle est desservie par un pont roulant électrique de 25 tonnes et par un chargeur électrique qui prend sur des trucks circulant sur une voie étroite les caisses en tôle contenant les charges. La préparation de celles-ci est faite dans un dépôt de 290 mètres de long et de 26 m. 90 de large, desservi par deux ponts roulants électriques de 20 et de 60 tonnes. Le métal sortant des fours est reçu dans des poches circulant sur rails; ces poches sont amenées dans une halle spéciale desservie par deux grues pneumatiques de 50 et de 75 tonnes et par trois grues électriques, une de 25 et deux de 75 tonnes. Certains gros lingots sont comprimés à l'état liquide; la presse servant à cet usage est placée à une extrémité de la fosse de coulée.

Usine de Terni. — L'aciérie Siemens-Martin de l'usine de Terni comprend cinq grands fours de 22 tonnes et un petit four de 3 tonnes, destiné à faire des essais. Les grands fours ont intérieurement 8 m. 50 de long sur 3 mètres de large; en plan, leurs empilages débordent leurs extrémités. Leur sole est refroidie par une circulation d'air; leurs autels le sont par une circulation d'eau s'effectuant dans des caisses en cuivre. Chacun d'eux est desservi par un petit four Siemens ayant intérieurement 5 mètres sur 2 m. 30 et servant à réchauffer les matières avant leur chargement. Les chiffres de production ne sont pas précisément concluants en faveur de l'utilité de ces fours auxiliaires, car ils semblent indiquer qu'on ne fait en moyenne que deux coulées par vingt-quatre heures.

Le chauffage de l'ensemble des fours Siemens-Martin est assuré par une batterie de cinq groupes, de quatre gazogènes chacun, alimentés avec du lignite de Spolète. Chaque groupe est relié par un siphon en tôle, du système Siemens, à un collecteur commun formé par une galerie souterraine de 5 m. 58 de section et de 165 mètres de long,

alimentant tous les fours. C'est un système assez critiquable, car il établit entre les divers fours une solidarité qui peut avoir de sérieux inconvénients, accentués encore par l'extension de cette solidarité aux autres fours à gaz de l'usine.

L'emploi du siphon Siemens est, au contraire, justifié par la forte proportion d'eau que contiennent les lignites de Spolète, servant à alimenter les gazogènes.

Le tirage de chaque four Siemens-Martin et du petit four qui lui est adjoint est assuré par une cheminée de 45 mètres de hauteur, ayant un diamètre de 5 mètres à la base et de 2 mètres au sommet.

Des cinq grands fours Siemens-Martin de l'usine de Terni, un seul est à sole basique. Il semble d'ailleurs que le mode de travail soit peu différent dans ces divers fours et qu'il ait pour base l'emploi d'une très forte proportion soit de ferraille, pour les produits de qualité ordinaire, soit de massiaux puddlés au four rotatif et cinglés au marteau-pilon, pour les qualités supérieures, la proportion de fonte étant faible dans l'un ou l'autre cas. Dans de pareilles conditions la marche devrait être très rapide; il semble cependant que ces fours de 22 tonnes ne donnent en moyenne que 40 tonnes de lingots par vingt-quatre heures, ce qui correspond à deux coulées pendant cette période.

La coulée s'effectue par deux procédés différents suivant que le poids des lingots est inférieur ou supérieur à 4,000 kilogrammes.

Dans le premier cas, on dispose les lingotières sur une plate-forme circulaire portée par un piston hydraulique de 30 tonnes de puissance et installée devant le trou de coulée de chaque four. On coule directement dans les lingotières en faisant tourner la plate-forme. Chaque plate-forme est desservie par une grue hydraulique de 3 tonnes.

Pour les gros lingots, on se sert d'une fosse de coulée située au centre de l'usine; on amène au-dessus de cette fosse les poches dans lesquelles on a vidé le contenu d'un ou plusieurs fours. On peut ainsi, en utilisant les cinq fours dont on dispose, couler des lingots d'environ 100 tonnes.

Un pont roulant de 130 tonnes dessert toute la halle de l'aciérie Siemens-Martin; il est actionné par une turbine de 50 chevaux.

Usine de Yousovo. — L'usine de Yousovo (Société de la Nouvelle-Russie) a pendant longtemps employé le four Siemens-Martin d'une manière exclusive pour la production du métal fondu. Actuellement, elle dispose de 11 fours Martin, d'une capacité de 25 à 30 tonnes, tous à sole acide; elle a l'intention d'adapter quelques-uns de ces fours au travail basique.

Les fours Martin sont desservis par une batterie de 64 gazogènes, réunis en 16 groupes de 4 chacun. Chaque gazogène élémentaire a un volume de 8 m. c. 2.

Les empilages sont placés au-dessous du four et disposés de manière à laisser un espace libre dans l'axe de celui-ci. La capacité de chaque chambre à air est de 21 m. c. 5; celle de chaque chambre à gaz, de 13 m. c. 5.

Par tonne de lingots, on consomme en moyenne 750 kilogrammes de fonte, 250 à 300 kilogrammes de riblons d'acier, 50 à 100 kilogrammes de minerai riche de Krivoï

IMPRIMERIE NATIONALE.

Rog et 3 p. 100 de ferromanganèse. La fonte est amenée des mélangeurs à l'état liquide; les riblons sont chargés froids, à la spadelle; le ferromanganèse l'est de la même manière, mais après avoir été chauffé au rouge. Le minerai est projeté froid dans le bain, au cours de l'affinage. La durée d'une opération est de douze heures en moyenne; une fois l'addition finale effectuée, on coule le métal en source dans des lingotières disposées par groupes de seize sur chaque plate-forme de support et communiquant entre elles, à leur partie inférieure, par des canaux en terre réfractaire logés dans des rainures de cette plate-forme. Le déchet total, sur le métal chargé sous une forme quelconque, est de 10 p. 100; la consommation de houille, de 490 kilogrammes par tonne.

L'aciérie Siemens-Martin est desservie par huit grues roulantes, dont trois de 3 tonnes, une de 5 tonnes, trois de 10 tonnes et une de 15 tonnes. Elle fournit des produits variés, depuis les fers fondus d'une résistance de 32 à 38 kilogrammes par millimètre carré, avec un allongement de 26 p. 100, jusqu'aux aciers moyennement durs, servant notamment à la fabrication des rails, et donnant une résistance de 66 à 68 kilogrammes avec un allongement de 6 à 17 p. 100.

La fabrication des rails tend à passer de plus en plus à l'atelier Bessemer, depuis sa mise en activité en 1898; aussi la production des fours Siemens de Yousovo s'est-elle réduite de 120,050 tonnes en 1897 à 59,015 tonnes en 1899, bien que dans la même période la production des rails se soit élevée de 93,929 tonnes à 120,492.

Usine de Fagersta. — La production d'acier de l'usine de Fagersta, représentant aujourd'hui 11,000 tonnes par an, est obtenue sur sole siliceuse. L'affinage de la fonte se fait au minerai, mais il est facilité par un artifice spécial consistant à diriger la fonte, à sa sortie du haut fourneau, dans des lingotières où l'on a placé à l'avance une quantité de minerai représentant environ 12 p. 100 de son poids.

On arrive ainsi à obtenir, grâce à un tour de main convenable, des espèces de massiaux formés d'un mélange assez homogène de minerai et de fonte solidifiée; on les envoie au four Martin où les réactions se développent beaucoup plus vite que si l'on se bornait à introduire dans le four une quantité équivalente de minerai.

La fabrication de l'acier chromé s'obtient couramment, à Fagersta, par une addition de minerai de chrome dans le bain métallique. Ainsi, avec des additions de 310 kilogrammes et de 810 kilogrammes de ce minerai pour une charge d'acier de 10 tonnes, on a obtenu des aciers présentant les compositions suivantes :

	ADDITION DE MINERAI DE CHROME.	
	310 kil.	810 kil.
Carbone	0.90	1.30
Silicium	0.369	0.369
Manganèse	0.40	0.83
Chrome	1.35	2.30

Autant qu'on peut en juger, en l'absence de chiffres précis pour la teneur du minerai de chrome employé, la perte de ce dernier métal dans la scorie serait assez faible pour

la première opération, donnant une teneur de 1.35 p. 100 de chrome; elle serait beaucoup plus forte dans la deuxième.

La fabrication courante de Fagersta est celle de l'acier au carbone, de tous les degrés de dureté, tenant seulement de 0.01 à 0.02 p. 100 de soufre et de 0.025 à 0.033 de phosphore. Cet acier est d'une homogénéité remarquable qui avait été mise en évidence, à l'Exposition, au moyen de sections de lingots polies suivant des surfaces planes ou courbes et donnant des images d'une grande netteté.

L'homogénéité parfaite que faisait ressortir le polissage était due pour une part à la pureté du métal; elle l'était davantage encore au réglage méthodique de sa composition suivant certains principes posés par M. Brinell, ingénieur en chef des usines de Fagersta.

EXEMPLES
D'INSTALLATIONS D'AFFINAGE SUR SOLE BASIQUE.

L'affinage sur sole basique présente beaucoup plus d'élasticité que l'affinage sur sole acide, car il permet de refondre tous les riblons indistinctement, quelle que soit leur composition, et d'affiner des fontes trop peu phosphoreuses pour être traitées avantageusement au convertisseur. Il donne des fers fondus de qualité supérieure, pourvu que les matières traitées ne soient pas sensiblement sulfureuses. Le soufre est le corps le plus difficile à éliminer par cette méthode, bien qu'on puisse encore, par des décrassages successifs, arriver à abaisser la proportion.

L'affinage sur sole basique paraît destiné à remplacer le puddlage dans la plupart des cas et à se substituer à l'emploi du convertisseur dans un grand nombre de fabrications exigeant une qualité de métal rigoureusement déterminée. L'Exposition fournissait un certain nombre d'exemples de son application; nous résumons ci-dessous les plus intéressants.

Usine de Mont-Saint-Martin. — Les aciéries de Longwy, tout en conservant au travail Thomas une prépondérance justifiée par des considérations économiques, ont jugé utile d'adjoindre à leurs convertisseurs un four Siemens-Martin destiné à produire principalement du métal extra-doux, pour tôles de chaudières, ou un peu plus dur, pour tôles de marine, mais pouvant fournir accessoirement des aciers de toute dureté. C'est un four à sole en magnésie, de 12 tonnes de capacité, alimenté par un monte-charges hydraulique qui relève les matières au niveau du plancher de travail et desservi, pour la coulée, par une grue roulante à vapeur.

De même que dans le travail au convertisseur, chaque coulée est essayée à la traction et analysée dans les vingt-quatre heures.

D'intéressants spécimens des moulages obtenus à Mont-Saint-Martin, par fusion sur sole, figuraient à l'Exposition.

Usine du Poirier, près Valenciennes. — Les forges et aciéries du Nord et de l'Est possèdent, dans leur usine du Poirier, deux fours Siemens-Martin de 15 tonnes, desservis par une grue centrale de coulée, à vapeur, circulant sur une fosse parallèle aux fours.

La halle des fours a 31 mètres d'ouverture; dans une autre halle parallèle est une batterie de 10 gazogènes.

Le plancher de chargement est à 4 m. 50 au-dessus du sol; il est desservi par un monte-charges hydraulique. Le chargement est facilité par un engin mécanique. Le démoulage et la manutention des lingots se font avec une grue roulante à vapeur.

Le four n° 1 fonctionne depuis longtemps avec un garnissage basique; le four n° 2 doit recevoir une sole siliceuse.

Usine d'Isbergues. — L'usine d'Isbergues s'était strictement limitée, pendant de longues années, à la fabrication de l'acier par le procédé Bessemer acide. Les avantages marqués que présente le travail sur sole basique pour la fabrication du fer fondu l'ont amenée à installer un four Siemens-Martin à sole en magnésie, faisant des charges de 15 tonnes.

Ce four est alimenté par huit gazogènes soufflés sous une pression de 0 m. 06 d'eau. Sa sole est rectangulaire et a 5 m. 80 de long sur 3 m. 80 de large; elle est faite en briques de magnésie. La voûte est, comme d'ordinaire, en briques de silice; elle est surbaissée au milieu, disposition peu fréquente aujourd'hui.

Le four Siemens-Martin d'Isbergues est un appareil de refonte plutôt que d'affinage, car ses charges normales se composent de 85 p. 100 de riblons et de 15 p. 100 seulement de fonte. Dans ces conditions, on a pu facilement obtenir plus de quatre coulées par vingt-quatre heures.

Le produit courant est un métal à 42 kilogrammes de résistance et 30 p. 100 d'allongement, contenant : carbone, 0.10 p. 100; manganèse, 0.40 p. 100; soufre, 0.04 p. 100; phosphore, 0.02 p. 100.

On peut abaisser la résistance du métal jusqu'à 35 kilogrammes en élevant son allongement jusqu'à 33 p. 100.

La consommation est en moyenne, par tonne de lingots, de 260 kilogrammes de bonne houille à gaz et peut s'abaisser à 230.

Les fontes et riblons sont relevés au niveau du plancher de chargement au moyen d'un monte-charges électrique.

L'aciérie est placée sous une halle de 70 mètres de long et de 22 mètres de portée; elle est munie d'un pont roulant électrique de 10 tonnes qui peut desservir soit le plancher de chargement, soit la fosse de coulée, dont la longueur se développe perpendiculairement à celle du four. Le service courant de cette fosse ainsi que de l'aciérie est assuré par deux grues roulantes à vapeur, de 7 et de 25 tonnes.

Usine de Javel (Paris). — A Isbergues, la Société des aciéries de France a laissé subsister jusqu'ici le chargement à la main, mais, dans l'aciérie Siemens-Martin qu'elle a montée récemment à Javel, elle a adopté l'usage d'un chargeur électrique breveté par elle et combiné en vue d'exécuter mécaniquement tous les mouvements qui peuvent être nécessaires, tels que translation dans le sens longitudinal, déplacement angulaire dans le sens horizontal ou vertical, retournement dans le four, etc. Ce résultat est obtenu en plaçant la charge à l'avance dans une caisse rectangulaire en tôle qui vient se fixer à l'extrémité d'un levier, mobile dans une rotule et actionné par une série d'embrayages commandés par un arbre moteur unique.

Usine de Trignac. — L'usine de Trignac, organisée à l'origine en vue de produire l'acier exclusivement au convertisseur, s'est bientôt rendu compte que cette méthode d'affinage, bien appropriée à la fabrication des rails, donne difficilement un métal assez

doux et assez homogène pour la fabrication des tôles. Elle a installé une aciérie Siemens-Martin qui ne comprenait d'abord que quatre fours de petite dimension (8, 10, 12 et 15 tonnes). Ces fours sont chauffés par seize gazogènes répartis en quatre batteries; ils sont munis de fosses circulaires de coulée, desservies elles-mêmes par cinq grues hydrauliques de démoulage. Leur sole est basique; leur charge se compose principalement de chutes de laminage avec une proportion de fonte assez limitée. Ils donnent facilement quatre coulées par vingt-quatre heures.

Cette installation a été jugée insuffisante et va être augmentée d'une nouvelle halle devant recevoir trois fours de 25 tonnes; un seul de ces fours était en marche en 1900.

Les gazogènes sont au nombre de huit. Les dispositions générales de la nouvelle halle ont été combinées en vue de permettre éventuellement l'emploi de la fonte liquide et même du transvasement d'un four dans l'autre, suivant la formule Bertrand-Thiel. Les appareils de chargement, de coulée, de démoulage et de transport des lingots sont commandés électriquement par une station centrale de 150 chevaux; la vapeur nécessaire est fournie par des chaudières chauffées au gaz des hauts fourneaux.

Usine d'Hennebont. — Le travail sur sole basique est employé d'une manière exclusive, depuis 1884, par les forges d'Hennebont pour l'obtention d'un métal extra-doux destiné à la fabrication des tôles minces (fers noirs) qui seront ensuite étamées. Il y a été introduit par le directeur, M. Giband, qui avait collaboré antérieurement à la mise en marche du procédé à Huta-Bankowa.

Un des fours Siemens-Martin a une capacité de 15 tonnes, les deux autres de 20 tonnes. La sole est en dolomie frittée, posée sur une couche de briques de magnésie; les pieds-droits sont en magnésie, la voûte en briques de Dinas.

Les brûleurs sont formés de canaux plongeant fortement sur la sole; dans l'un des fours les entrées d'air sont superposées aux entrées de gaz; dans les deux autres elles leur sont juxtaposées, sans qu'une expérience de quatre ans ait permis de constater une supériorité sensible d'un système sur l'autre. Les empilages sont placés au-dessous des fours. Les gazogènes sont du type à cuve, soufflés par un injecteur Kœrting; ils ont remplacé des gazogènes à grille, mais ne paraissent présenter sur ceux-ci d'autre avantage que d'occuper moins de place.

La distribution du gaz est effectuée au moyen de la valve unique, à axe vertical, que M. Giband avait installée en 1883 à Huta-Bankowa et qui est encore en service sur un assez grand nombre de fours de cette usine. Cette valve se compose d'une cuve annulaire en fonte avec un tube central communiquant constamment avec la cheminée, tandis que l'intervalle annulaire, compris entre ce tube et la paroi extérieure, est divisé en cinq secteurs, dont l'un communique constamment avec le gazogène, les quatre autres étant mis en relation chacun avec un des quatre empilages. Les deux secteurs en relation avec les empilages à gaz sont en contact avec le secteur en communication avec le gazogène; les deux secteurs communiquant avec les empilages à air se trouvent dans la région opposée, placés en sens inverse des secteurs commandant les empilages à gaz.

La distribution est effectuée au moyen d'une cloche cylindrique en tôle, à axe vertical, dont les cloisons plongent dans les rainures qui terminent vers le haut les cloisons de la cuve en fonte. La cloche porte intérieurement deux cloisons en tôle isolant l'un deux secteurs de la cuve, l'autre un seul secteur, diamétralement opposé aux deux premiers. Ce dernier compartiment présente, sur sa face supérieure, une large ouverture permettant le passage de l'air extérieur.

Le compartiment principal de la cloche recouvre constamment le secteur de la cuve servant à l'amenée du gaz et en même temps l'un ou l'autre des secteurs communiquant avec les empilages à gaz. Le deuxième de ces secteurs est en relation avec la cheminée, de même qu'un des empilages à air; le deuxième empilage à air est alimenté d'air par l'ouverture ménagée dans le fond du secteur isolé de la cloche. En soulevant celle-ci d'une quantité suffisante pour la faire sortir des rainures formant joint hydraulique, lui faisant faire une rotation d'un cinquième de circonférence et l'enfonçant de nouveau dans les rainures, on produit l'inversion du courant gazeux par une seule manœuvre, au lieu de deux comme dans l'ancienne disposition de Siemens.

En compensation de cet avantage, la construction des canaux reliant la distribution aux empilages devient plus compliquée, car il est nécessaire que les canaux à air passent l'un au-dessus de l'autre pour relier les empilages aux secteurs du distributeur, placés en sens inverse. Cet inconvénient a décidé l'usine de Huta-Bankowa à renoncer à la valve unique pour ses nouvelles installations.

Il est remarquable que les formules de travail sur sole appliquées aux usines de Huta-Bankowa et d'Hennebont, parties d'une origine commune, aient abouti à deux variantes très divergentes. A Huta-Bankowa, on pratique aujourd'hui l'affinage au minerai, presque sans addition de riblons, sur de la fonte chargée à l'état liquide. A Hennebont, on ne pouvait évidemment pas employer couramment la fonte liquide, puisque l'usine ne possède pas de hauts fourneaux et qu'elle reçoit de l'Est de la France ou d'Angleterre les fontes qu'elle consomme. D'autre part, il faut tenir compte de ce que les éléments métalliques de la charge contiennent en moyenne 30 p. 100 de rognures provenant du travail même, plus une proportion de riblons achetés au dehors pouvant varier entre 10 et 30 p. 100. La fonte représente donc de 40 à 60 p. 100 du total; dans ce dernier cas, il aurait été intéressant de chercher à obtenir l'affinage par l'action presque exclusive du minerai et d'immerger rapidement les riblons et surtout les rognures, très oxydables, dans la fonte amenée préalablement à l'état liquide.

Cette formule, rationnelle en théorie, n'a pas abouti à un résultat pratique, faute de minerais suffisamment pauvres en silice, paraît-il. Pour affiner la fonte, on préfère utiliser l'oxygène que l'on fait absorber aux riblons, en les chargeant dans le four avant les autres éléments de la charge.

La marche du travail est la suivante : après chaque coulée, on répare la sole et les pieds-droits, s'il y a lieu, avec de la dolomie frittée, puis on laisse celle-ci s'agglomérer pendant vingt minutes environ. On introduit ensuite les riblons, représentés surtout par des rognures de tôles minces, puis une partie du calcaire nécessaire pour la forma-

tion de la scorie, ensuite la fonte, un peu de minerai dans certains cas, enfin le reste du calcaire. On laisse la fusion s'opérer et la réaction se développer entre les impuretés de la fonte et l'oxygène absorbé par les riblons, puis on prend une éprouvette. Si elle indique pour le bain une teneur trop élevée en carbone, on ajoute de 200 à 400 kilogrammes de minerai; on tire ensuite la scorie de temps à autre en ajoutant du calcaire par charges de 100 kilogrammes, tant que les éprouvettes indiquent une teneur élevée en phosphore.

L'addition finale se compose de ferro-manganèse riche (tenant 70 à 80 p. 100 de manganèse) dans la proportion de 0.005 du poids de la charge; elle est effectuée à l'intérieur du four, après un dernier décrassage.

Dès que la réaction est terminée, on coule dans une poche.

Les fontes employées sont ordinairement des fontes Thomas provenant de l'Est de la France; nous donnons ci-dessous leur composition moyenne et celle des lingots obtenus par le traitement qui vient d'être décrit :

	FONTE. — p. 100.	LINGOTS. — p. 100.
Carbone	Non dosé	0.09
Phosphore	2	0.02
Soufre	0.1 au maximum	0.05
Silicium	1 — 1.5	0.01 — 0.02
Manganèse	1.5	0.40

Les lingots sont coulés à la poche dans des lingotières de type uniforme, ayant à leur base 0 m. 22 sur 0 m. 22 et environ 0 m. 20 sur 0 m. 20 au sommet supérieur. Leur hauteur varie un peu, de 0 m. 85 à 0 m. 95, suivant que leur poids varie lui-même entre 350 et 400 kilogrammes. Le démoulage, l'enlèvement des lingots et la manutention des lingotières sont effectués, pour un des fours, au moyen d'un pont roulant électrique de 5 tonnes, pour les deux autres au moyen d'une grue Delattre de 12 tonnes.

La production annuelle des trois fours est d'environ 20,000 tonnes de lingots.

Usine du Creusot. — L'usine du Creusot possède un atelier de sept fours Siemens-Martin pouvant produire annuellement de 80,000 à 85,000 tonnes de lingots. Étant donné qu'elle emploie couramment ces fours à la coulée de lingots d'un poids très considérable, atteignant assez souvent 110 tonnes et pouvant aller jusqu'à 150, elle avait tout intérêt à augmenter leurs dimensions.

En 1889, la capacité de ces appareils ne dépassait pas 16 à 18 tonnes; un four de 25 tonnes fut mis en marche en novembre 1893 et donna d'excellents résultats. On construisit alors trois fours de 35 tonnes, auxquels on donna des chambres de récupération ayant un volume de 4 m. c. 600 par tonne de capacité du laboratoire. La plateforme de ces fours est à 4 mètres au-dessus du sol de l'atelier; les matières y sont amenées par une voie en rampe de 0 m. 025. Le chargement se fait mécaniquement au

moyen d'un appareil en forme de C, suspendu à un pont roulant électrique (appareil breveté par la Société en septembre 1897). Les fours du type actuel, mis en service entre septembre 1895 et février 1896, font en moyenne de deux coulées et demie à trois coulées par vingt-quatre heures et consomment moins de 350 kilogrammes de charbon par tonne de lingots.

Les fours de cette dimension ayant donné d'excellents résultats, on va en construire un de 50 tonnes.

On coule toujours en poche, afin d'obtenir un produit plus homogène. On a d'ailleurs renoncé complètement à la coulée en source, peu pratique avec les lingots de très grande dimension.

Chaque four a sa fosse de coulée pour le travail courant, mais pour les gros lingots on se sert d'une fosse spéciale, longue de 37 m. 65, large de 12 mètres, et profonde de 14 mètres. Elle est desservie par un pont roulant électrique de 150 tonnes, ayant 22 m. 50 de portée et circulant sur des rails placés à 10 mètres au-dessus du sol. L'atelier dispose d'autres engins de levage d'une grande puissance, notamment d'une grue de 120 tonnes.

A une des extrémités de la grande fosse de coulée se trouve une presse Whitworth de 10,000 tonnes, pouvant comprimer des lingots de 6 mètres de hauteur et de 1 m. 520 de diamètre. Cette installation a produit, depuis le 13 mai 1896, date de sa mise en service, 392 lingots comprimés, d'un poids compris entre 16,500 et 63,000 kilogrammes et représentant un peu plus de 12,500 tonnes en tout.

Jusqu'à la fin de l'année 1898, les fours Siemens-Martin de l'usine du Creusot avaient été alimentés exclusivement de fonte et de ferrailles, cette dernière addition étant remplacée, dans certains cas, par des massiaux obtenus au four à puddler rotatif. La rareté des ferrailles assez pures pour servir à la production d'acier de bonne qualité a décidé MM. Schneider et Cie à étudier l'affinage au minerai, suivant la variante connue sous le nom de procédé Bertrand-Thiel, c'est-à-dire avec transvasement d'un four dans un autre. Les résultats obtenus ont été assez satisfaisants, car l'usine du Creusot a livré, en deux ans et demi, plus de 10,000 tonnes de métal obtenu par le procédé en question.

Usine de Savone. — On a vu plus haut quelle était l'installation des fours Siemens-Martin à Terni.

La Société de Terni possède dans son usine de Savone une autre installation de fusion sur sole établie sur des bases absolument différentes. Elle ne comporte pas de petits fours Siemens pour le réchauffage préalable des charges; les fours de fusion, au lieu d'être rectangulaires en plan, avec empilages à un niveau inférieur, sont cylindriques et enfermés dans une enveloppe en tôle, renforcée de distance en distance par des cornières. Le diamètre de cette enveloppe est de 4 m. 500 et sa hauteur de 2 m. 300. haque four est muni de deux portes de chargement et d'une porte de service, de plus petite dimension; le trou de coulée est placé du côté opposé à celui où se trouvent les portes.

Chaque four est muni de quatre récupérateurs cylindriques, isolés et enveloppés de

tôle; leur diamètre est de 3 m. 040 pour les deux récupérateurs à air, de 2 m. 740 pour les deux récupérateurs à gaz. La hauteur commune des quatre appareils est de 4 m. 270.

Les fours sont au nombre de 11, dont 10 faisant des charges de 15 tonnes et 1 des charges de 30 tonnes; ce dernier sert spécialement à la refonte des gros lingots manqués, qui peuvent peser jusqu'à 12 tonnes.

Les fours sont rangés en ligne sous une des deux travées d'une halle longue de 155 mètres et large de 31 mètres; l'autre travée sert de halle de coulée. Deux d'entre eux, placés à une extrémité, sont desservis par une fosse circulaire avec grue hydraulique centrale de 20 tonnes; deux grues hydrauliques, de 5 et de 4 tonnes, opèrent le démoulage dans cette fosse.

Les neuf autres fours coulent dans une fosse rectangulaire ayant 75 mètres sur 2 m. 35, desservie par deux ponts roulants de 15 mètres d'ouverture et d'une force de 30 tonnes. Ils sont mus par une transmission par câbles, commandée par deux machines à vapeur de 15 chevaux. Le démoulage se fait au moyen de 6 grues hydrauliques, rangées le long de la fosse, du côté opposé au four.

La plate-forme de service, établie à 3 m. 60 au-dessus du sol d'usine et portant les fours eux-mêmes, est supportée par une construction métallique pour les deux premiers fours (à fosse de coulée circulaire), par des piliers en maçonnerie pour les autres.

A l'arrière des fours se trouve une batterie de 44 gazogènes, par groupes de quatre. Primitivement, tout le gaz produit se réunissait dans un collecteur unique, comme à Terni, avec cette différence que le collecteur était ici une conduite en tôle de 2 mètres de diamètre et longue de 144 mètres. Ce collecteur a été sectionné plus tard au moyen de cloisons transversales, de manière à ne plus laisser subsister de solidarité qu'entre deux fours contigus. Le motif mis en avant pour justifier cette transformation est la gravité des explosions auxquelles la disposition primitive avait pu donner lieu.

Le tirage s'effectue au moyen de cheminées de 33 à 36 mètres de hauteur et de 1 m. 60 de diamètre minimum, desservant ordinairement un groupe de deux fours. Ces cheminées sont sur l'axe de la batterie de gazogènes, à 30 mètres environ des fours.

Tous les fours ont des sols en dolomie frittée et agglomérée au goudron. Ils traitent surtout de la ferraille et produisent en moyenne, par vingt-quatre heures, 40 tonnes de lingots de fer fondu ou 45 tonnes d'acier à rails. Ces chiffres correspondent à trois coulées au maximum; ils sont peu élevés pour un simple travail de fusion sans affinage.

L'aciérie de Savone pourrait produire annuellement 100,000 tonnes de lingots.

Huta-Bankowa. — L'aciérie de Huta-Bankowa emploie d'une manière exclusive l'affinage sur sole basique pour la production des lingots; elle a commencé dès 1881 à appliquer ce procédé et est arrivée aujourd'hui à en tirer un excellent parti.

Nous avons signalé que c'est à elle que l'on doit la mise en pratique du chargement de la fonte liquide, à partir du 17 juin 1889.

Ses installations ne sont pas d'un type très moderne; placée dans des conditions spé-

ciales au point de la durée éventuelle de son exploitation, de l'espace disponible, etc., elle n'a pas eu la possibilité de les remanier à son gré. Elle dispose néanmoins de 11 fours Siemens-Martin, à sole dolomitique, d'une capacité de 15 à 30 tonnes; une partie de ces fours est disposée pour la coulée directe en lingotières, une autre pour la coulée en poche. Le démoulage se fait au moyen de grues roulantes, à vapeur. La production annuelle peut atteindre 130,000 tonnes de lingots, bien que ceux-ci soient généralement de petites dimensions et coulés en source.

Les charges sont composées, dans la proportion de 75 à 80 p. 100, de fonte introduite, autant que possible, à l'état liquide.

L'affinage s'opère au moyen d'additions de minerai de Krivoï Rog, à très haute teneur. Les fours, conduits avec beaucoup de soin, arrivent à faire jusqu'à 800 et même 1,000 coulées sans mise hors feu.

La qualité des produits de Huta-Bankowa est très régulière.

Nous reproduisons ici le tableau des compositions chimiques et des coefficients mécaniques des divers types de métal produits dans cette usine :

DÉSIGNATION.		COMPOSITION CHIMIQUE					COEFFICIENTS MÉCANIQUES.	
		C.	P.	S.	Si.	Mn.	RÉSISTANCE à la traction — en kilogr. par millim. carré.	ALLONGEMENT — sur 0m 200.
		p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.		
Fer	fondu extra-doux (tôles, rivets, etc.)	0.050	0.000	0.001	0.000	0.350	32	38
	fondu doux (fer marchand)	0.100	0.005	0.005	0.001	0.400	36	34
	fondu dur (tôle, fer, etc.)	0.150	0.010	0.010	0.002	0.450	40	30
Acier	doux (pour accessoires de chemins de fer)	0.200	0.020	0.020	0.002	0.500	45	27
	doux (pour essieux de wagons)	0.300	0.020	0.030	0.100	0.800	55	25
	pour bandages de wagons	0.400	0.030	0.030	0.120	0.900	70	20
	pour bandages de locomotives	0.500	0.020	0.010	0.150	1.000	75	18
	pour ressorts de wagons	0.600	0.020	0.010	0.200	1.000	80	14
	pour ressorts et outils (tenant 1 à 2 p. 100 de chrome)	0.700	0.010	0.010	0.100	1.000	90	15

Un des fours de l'usine est employé spécialement à la production de moulages.

Usine de Droujkofka. — L'atelier Siemens-Martin de la Société des aciéries de Donetz, à Droujkofka, comprend deux fours basiques de 20 tonnes, à récupérateurs indépendants, desservis par deux batteries de 12 gazogènes soufflés et pouvant produire chacun 80 tonnes par jour. Il est muni d'un pont roulant électrique de 40 tonnes et peut produire des moulages d'acier de grandes dimensions.

Usine de Tsaritzyne. — Les fours Siemens-Martin à sole basique de l'usine de Tsaritzyne (Société Oural-Volga) sont chauffés, non pas au gaz, comme la plupart des appareils analogues, mais bien au naphte (*mazout*). L'introduction de ce liquide se fait par trois injecteurs passant par des trous ménagés dans la voûte, l'un au milieu, chacun des deux autres à une extrémité de la sole.

Un de ces appareils fonctionne constamment; c'est celui du milieu, que l'on incline à 60 degrés environ dans le sens de la circulation de la flamme. Des deux injecteurs extrêmes, celui qui se trouve à un moment donné du côté de l'admission d'air est le seul qui fonctionne; son inclinaison est maintenue également au voisinage de 60 degrés.

Le réchauffage de l'air est obtenu au moyen d'empilages placés au-dessous du four; ces empilages sont protégés contre l'introduction des scories par deux fosses formant le prolongement des canaux verticaux de descente des flammes. Il existe à Tsaritzyne six fours semblables, installés dans une halle de 126 mètres de long et de 37 mètres de large.

Usine de Taguil. — Le travail au four Martin s'effectue aux usines de Nijni-Taguil sur sole en fer chromé, dans des fours d'une capacité de 12 à 14 tonnes. Les empilages n'ont pu être établis au-dessous des fours, parce que la nappe aquifère est trop rapprochée de la surface; ils sont placés aux deux extrémités.

La longueur de la sole est relativement faible, aussi la destruction des brûleurs est-elle assez rapide. Un four neuf fait de 120 à 150 coulées; au bout de ce temps, on répare les brûleurs et les pieds-droits après avoir refroidi rapidement le four; on peut alors obtenir une deuxième période de travail, de durée à peu près égale à la première. On procède quelquefois à une deuxième grande réparation; une campagne complète comprend en moyenne 300 coulées. Au bout de ce temps, on est obligé de refaire presque entièrement la voûte.

Celle-ci est construite en briques de silice, fabriquées à l'usine et contenant, outre la silice, 1.65 p. 100 d'alumine, 1.35 p. 100 de chaux et 0.85 de protoxyde de fer. La sole est en fer chromé; pour la réparer, on emploie de la dolomie frittée provenant de la mine de manganèse (Mine Spalsky) et contenant, à l'état cru, 1.8 p. 100 de silice et autant de $Al^2O^3 + Fe^2O^3$. Le frittage se pratique dans un cubilot revêtu intérieurement de fer chromé, avec soufflage quand on consomme de l'anthracite du Donetz, par tirage naturel avec l'anthracite exploité sur place, à Egorshino. Dans ce dernier cas, la consommation est de 80 p. 100 du poids de la dolomie frittée.

La consommation de cette matière représente en moyenne 8 p. 100 du poids de lingots obtenus; on peut conclure de son élévation relative qu'au bout d'un certain temps la surface supérieure de la sole, en contact avec le bain métallique, doit être formée de dolomie et non plus de fer chromé.

Les charges se composent en moyenne de 80 à 85 p. 100 de fonte et de 20 à 15 p. 100 de ferraille, avec 10 à 14 p. 100 de magnétite grillée de la mine Vyssokaïa et 3 à 4 p. 100 de calcaire cru. Lorsqu'on emploie exclusivement de la fonte, l'addition de minerai est portée à 40 p. 100.

L'addition finale pour la fabrication du métal doux est de 0.5 p. 100 de ferro-silicium tenant de 12 à 14 p. 100 Si et de 8 p. 100 de ferro-manganèse à 60 p. 100 de Mn. On n'ajoute d'aluminium que dans la fabrication des moulages d'acier : dans ce cas, on coule d'abord le métal de la grande poche dans une petite, de 2 tonnes de capacité, où l'on a préalablement versé du ferro-silicium et du ferro-manganèse fondu et où l'on introduit un peu d'aluminium.

Les lingots courants sont de 115 à 130 kilogrammes; leur section est carrée, de 178 millimètres de côté. Pour les gros fers et pour les tôles de chaudières, on a adopté des dimensions plus fortes. La coulée se fait en source, par groupes de lingots pouvant atteindre le nombre de 17.

Pour les moulages d'acier, les moules sont en quartz; on ajoute un peu de terre réfractaire quand on veut obtenir des produits très soignés. Pour les petites pièces, ils sont simplement en sable quartzeux réfractaire.

Le chauffage des fours Martin se fait au moyen de souches de pin brûlées dans des gazogènes profonds; on consomme deux tiers de stère de ce combustible par tonne de lingots.

La fonte traitée est une fonte grise tenant :

Cu	0.04 à 0.11 p. 100.
Ph	0.04 à 0.06
S	Traces à 0.02

Les lingots obtenus tiennent :

C	0.12 à 0.16 p. 100.	Cu	0.094 à 0.093 p. 100.
Mn	0.28 à 0.43	Ph	0.015 à 0.020
Si	0.019 à 0.018	S	Traces.

En marche normale, avec addition de 10 à 14 p. 100 de minerai magnétique, le déchet est de 4 à 5 unités de fer, sur la teneur totale de la charge.

Les produits obtenus ont une résistance à la rupture variant entre 36 et 37 kilogrammes par millimètre carré et un allongement de rupture variant entre 31 et 32 p. 100 (sur éprouvettes de 200 millimètres).

PRODUCTION DES LINGOTS SANS SOUFFLURES.

La plupart des lingots d'acier contiennent des cavités intérieures dues, les unes au dégagement de gaz au cours du refroidissement du métal liquide, les autres à la contraction même de ce métal après solidification de la zone superficielle. Le plus souvent cette dernière cause provoque la formation d'un entonnoir unique dit entonnoir de retassure, placé à la partie supérieure du lingot et descendant, suivant son axe, à une profondeur plus ou moins grande.

L'importance de l'entonnoir de retassure est d'autant plus considérable que le métal a été coulé plus chaud. Le nombre et la répartition des soufflures, pour un métal de composition déterminée, dépendent également de la température de coulée; pour une certaine température moyenne, elles passent par un minimum et se concentrent dans la région centrale du lingot, où elles sont moins nuisibles qu'à la surface. Leurs parois y sont, en effet, à l'abri des causes d'oxydation superficielle et se soudent par suite facilement au cours des opérations de forgeage ou de laminage.

Il serait néanmoins fort intéressant de supprimer complètement les soufflures et, en même temps, les risques de discontinuité auxquels elles donnent toujours lieu, quelle que soit l'élaboration mécanique subie par le lingot. La question avait été étudiée, il y a longtemps déjà, par l'usine de Terrenoire et par d'autres établissements ; elle a été reprise par M. Brinell, ingénieur en chef de l'usine de Fagersta (Suède), qui a établi, par une longue série d'observations et d'expériences :

1° Que l'influence de la température de coulée sur la production des soufflures est relativement secondaire ;

2° Qu'il en est de même du dosage en carbone ;

3° Que les proportions, tant absolues que relatives, de silicium et de manganèse sont au contraire la plus haute importance et que l'aluminium exerce une action analogue à celle des deux corps précédents, mais beaucoup plus intense. M. Brinell estime que pour obtenir un résultat équivalent, au point de vue de la suppression des soufflures, il convient de faire intervenir les trois corps ci-dessus dans les proportions relatives ci-dessous :

Manganèse	5.2 p. 100.
Silicium	1.0
Aluminium	0.058

L'intensité d'action de l'aluminium est donc quatre-vingt-dix fois environ celle du manganèse.

M. Brinell a établi, d'après ces expériences, un diagramme triangulaire permettant de calculer la proportion d'un de ces trois éléments qu'il faut employer pour obtenir une cassure absolument saine, étant donné que le dosage des deux autres dans le pro-

duit final est imposé à l'avance. Cette proportion sera, par exemple, de 1.66 p. 100 de manganèse, de 0.32 p. 100 de silicium ou de 0.0184 d'aluminium si chacun de ces divers éléments doit intervenir seul.

Les études de M. Brinell ont conduit accessoirement à un résultat intéressant, l'obtention de lingots cylindriques creux sans emploi d'un noyau central en matières réfractaires. L'usine de Fagersta exposait quatre lingots semblables d'une longueur d'environ 0 m. 70 et d'un diamètre extérieur de 0 m. 17 avec une cavité cylindrique intérieure ayant de 0 m. 06 à 0 m. 07 de diamètre.

Le procédé de fabrication consiste à couler le lingot à la manière ordinaire, puis à recouvrir de charbons incandescents la surface du métal liquide, de manière à éviter une solidification trop rapide. Quand on juge que la partie solidifiée à l'extérieur a atteint une épaisseur convenable, on retourne la lingotière et on évacue la partie liquide. Le vide laissé par son écoulement est assez régulier pour ne nécessiter qu'un alésage insignifiant, qui n'est même pas toujours nécessaire.

Le procédé est d'une application assez délicate; il ne réussit qu'avec des aciers bien exempts de soufflures et tenant plus de 0.30 p. 100 de carbone; à une teneur moindre, la solidification en masse se produit presque inévitablement. Cette formule, quand elle est applicable, a l'avantage d'éliminer en grande partie les faibles proportions de soufre et de phosphore qui peuvent exister dans les aciers de Fagersta, car ces métalloïdes, augmentant la fusibilité du métal, se concentrent dans la partie qui reste à l'état liquide.

Plusieurs aciéries ont cherché la solution du problème de la suppression des soufflures non pas dans le réglage de la composition du métal, mais bien dans la compression du lingot pendant sa solidification. Cette compression doit provoquer l'expulsion des gaz, dont le dégagement est l'origine première des soufflures, et le rapprochement des parois de l'entonnoir de retassure, au cours même de sa formation. Elle peut, en outre, pétrir, pour ainsi dire, les éléments de première consolidation du lingot au cours de la solidification même et modifier la structure du métal par une sorte de forgeage préliminaire.

Ce sont les établissements Whitworth qui ont employé les premiers cette formule de traitement. Pour l'application de leur procédé, la lingotière est formée d'anneaux circulaires en acier, superposés, présentant des rainures pour l'écoulement des gaz et enfermés dans un cylindre en fonte fretté extérieurement de manière à pouvoir résister à une pression considérable; ces anneaux sont recouverts d'un enduit réfractaire qui les empêche de se souder au métal liquide.

Le fond est solidement fixé aux parois latérales et muni d'un enduit analogue; il est posé sur le sommier inférieur d'une puissante presse hydraulique dont le piston vient s'enfoncer, de haut en bas, dans l'intérieur du moule, comprimant le lingot à raison de 600 kilogrammes par centimètre carré, pendant une période variant de vingt à quarante-cinq minutes.

Ce système est appliqué à South Bethlehem (Pensylvanie) et au Creusot; il supprime les soufflures, mais laisse subsister l'entonnoir de retassure, tout en l'atténuant un

peu et surtout en le concentrant sur l'axe du lingot. Quand les lingots comprimés sont destinés à la fabrication des pièces creuses, le forage fait disparaître cet entonnoir avant toute élaboration mécanique; c'est à cette cause et peut-être aussi, dans une certaine mesure, au forgeage sur mandrin que l'on doit attribuer la supériorité des coefficients mécaniques constatés sur les éprouvettes tirées de pièces creuses obtenues par le procédé Whitworth.

La Compagnie des forges et aciéries de Saint-Étienne a modifié le mode de compression des lingots, au cours de leur solidification, en vue de faire disparaître complètement l'entonnoir de retassure. Pour obtenir ce résultat, elle a substitué à la lingotière cylindrique du système Whitworth une lingotière tronconique, s'évasant vers le bas, avec une inclinaison de 0,04 sur la verticale, et formée simplement d'une paroi en fonte, en deux pièces, serrée extérieurement par une série de frettes en acier.

Elle a interverti en même temps le sens de la compression, qui s'exerce de bas en haut; la réaction nécessaire est développée par une plaque épaisse en fonte, fermant l'orifice supérieur de la lingotière et montée sur un piston démouleur. Le cylindre de celui-ci est encastré dans le sommier supérieur de la presse.

Exercée de bas en haut, la pression tend à faire glisser le lingot sur les parois convergentes de la lingotière et à développer par suite une réaction dans la composante horizontale qui referme l'entonnoir de retassure et soude ses parois sur elles-mêmes. La compression doit être exercée pendant quarante minutes environ et aller en augmentant d'intensité suivant une loi qu'on détermine empiriquement pour chaque type de lingot.

Son maximum doit atteindre, vers la fin de l'opération, 250 kilogrammes, si l'on continue la compression jusqu'au refroidissement complet.

La Compagnie des forges et aciéries de Saint-Étienne avait exposé des lingots obtenus par ce procédé et coupés suivant l'axe, où l'entonnoir de retassure était complètement supprimé et où il ne subsistait que quelques soufflures disséminées à la partie supérieure des lingots. Elle présentait en même temps des résultats d'essais faits sur des éprouvettes prises en des points correspondants de deux lingots de même dimension, l'un comprimé, l'autre non comprimé, et faisant ressortir une supériorité moyenne, bien marquée en faveur du premier. De plus, l'étude microscopique montre une répartition plus régulière de la perlite dans les lingots comprimés, avec absence des fissures qu'on rencontre parfois dans les lingots ordinaires.

La compression mécanique des lingots pendant leur solidification, appliquée suivant la formule Whitworth ou suivant celle des aciéries de Saint-Étienne, équivaut à un forgeage préliminaire du lingot, opéré avec un matériel coûteux qui se trouve immobilisé assez longtemps chaque fois. Il ne peut être question de l'appliquer pour les fabrications courantes; pour celles qui doivent satisfaire à des exigences toutes spéciales, il convient d'examiner, dans chaque cas particulier, si l'avantage de pouvoir utiliser une fraction plus importante de chaque lingot compense les frais considérables qu'entraîne l'application du procédé.

FABRICATION DES MOULAGES D'ACIER.

La fabrication des moulages d'acier ne remonte pas au delà du milieu du XIXe siècle; encore son importance est-elle restée longtemps très limitée.

Tant qu'on a dû recourir à l'emploi du creuset pour obtenir de l'acier à l'état liquide, le prix de revient des moulages obtenus par ce procédé a été très élevé. De plus, la fluidité du métal n'était suffisante que si le métal renfermait une proportion de carbone assez forte; une pareille composition convenait peu à la plupart des applications mécaniques et l'on était souvent amené à adoucir l'acier, après moulage, par un recuit oxydant pratiqué de la même manière que pour l'obtention de la fonte malléable. On a vu qu'une semblable formule de travail est appliquée, dans l'usine de Margut (Ardennes), pour le moulage en fonte aciéreuse. Elle peut donner des résultats satisfaisants pour les moulages minces, mais, appliquée à des pièces épaisses, elle adoucit la surface en laissant au centre de la pièce sa dureté primitive, résultat exactement inverse de celui qu'on aurait intérêt à obtenir.

Le moulage d'acier n'a pu se développer sérieusement qu'à partir du moment où les formules nouvelles de production des alliages ferreux à l'état liquide sont entrées dans la pratique courante. C'est d'abord le four Siemens-Martin qui a été employé d'une manière à peu près exclusive pour la production du métal fondu destiné aux moulages; il l'est encore bien souvent dans les grandes usines, qui peuvent utiliser un même appareil tantôt à alimenter leur fonderie d'acier, tantôt à couler des lingots destinés au laminage ou à tout autre usage. Au début, on considérait que l'emploi d'un garnissage acide était indispensable, mais la pratique a montré qu'on pouvait tout aussi bien employer des fours à sole basique pour la fabrication des moulages, moyennant un réglage convenable de l'addition finale.

Avec le four Siemens-Martin il faut travailler d'une manière continue et produire des quantités considérables pour obtenir un prix de revient avantageux; cet appareil ne convient donc qu'aux grands ateliers. La diffusion de l'emploi des petits convertisseurs a contribué d'une manière très efficace au développement de l'industrie des moulages d'acier. Ces appareils fournissent, par opération, des quantités de métal inférieures aux charges des plus petits fours Siemens-Martin; ils permettent cependant de réaliser des productions journalières relativement importantes, grâce à la rapidité de leur travail. Leurs productions peuvent d'ailleurs se régler à volonté, étant donnée la facilité avec laquelle on peut les mettre en marche ou arrêter leur fonctionnement. D'un autre côté, ces appareils permettent d'obtenir un métal très chaud et, par suite, bien fluide, quoique doux. Ce sont là des avantages réels qui expliquent la diffusion rapide de l'emploi des convertisseurs, bien que ces appareils ne permettent pas de régler la composition de l'acier aussi exactement que le four Siemens-Martin.

Les nombreuses variantes de petits convertisseurs qui ont été décrites ou même brevetées ne présentent qu'un intérêt absolument secondaire.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Le soufflage latéral permet sans doute de réduire la pression du vent et de réaliser ainsi quelques économies sur les frais de premier établissement, mais il implique une utilisation imparfaite de l'oxygène insufflé, un déchet plus élevé, une moindre homogénéité du produit, enfin une corrosion du garnissage plus localisée et par suite des réparations plus fréquentes. Ce sont là, semble-t-il, les considérations qui avaient conduit Bessemer à renoncer à son emploi; elles ont peut-être moins d'importance pour les petits convertisseurs que pour les grands, mais elles ne sont jamais négligeables.

Les variantes introduites dans la formule de travail n'ont pas au fond beaucoup plus d'importance. L'addition de ferro-silicium vers la fin du soufflage est un moyen d'obvier aux inconvénients qui résulteraient d'une coulée trop froide; elle ne peut guère être considérée comme une nouveauté de quelque importance.

Une des grandes difficultés de l'industrie des moulages d'acier est la préparation des moules. Ces moules doivent être beaucoup plus réfractaires que ceux destinés à recevoir la coulée de la fonte, avoir été étuvés à une température très élevée pour éviter des refroidissements locaux qui donneraient lieu à des manques de matière dans certaines parties de la pièce, enfin être disposés de manière à éviter les accidents dus au retrait, celui-ci étant 2 p. 100 environ.

Une autre difficulté a été le réglage de la composition du métal, en vue d'éviter les dégagements de gaz et la formation des soufflures. Dans la fabrication des moulages, on n'a pas, comme dans celle des produits forgés ou laminés, la ressource de souder par compression les parois des soufflures sur elles-mêmes : il faut absolument éviter leur formation. Depuis longtemps on se servait, à cet effet, d'additions contenant des proportions convenables de silicium et de manganèse; la découverte de l'efficacité bien plus grande encore de l'aluminium, à ce point de vue, est venue apporter des ressources nouvelles à la fabrication des moulages d'acier. Elle permet, ainsi que M. Brinell l'a confirmé d'une manière précise, de couler sans soufflures un métal aciéreux de composition quelconque moyennant une addition très faible d'aluminium. Ce corps ne se retrouve pas en proportion appréciable dans le métal solidifié; il se concentre, à l'état d'alumine, dans une croûte assez dure, qui enveloppe le moulage.

Enfin, l'application méthodique du recuit, suivi parfois d'un refroidissement rapide à l'air, a permis de faire subir au grain du métal moulé des modifications que l'on ne pouvait évidemment demander à une élaboration mécanique. Elle a eu pour conséquence une amélioration très notable des coefficients mécaniques du métal.

Nous devons signaler un dernier progrès qui intéresse surtout l'aspect extérieur des pièces, leur réparation par application locale de métal fondu. Ce résultat est obtenu soit au moyen de l'arc électrique, soit par l'aluminothermie, procédé qui sera décrit plus loin.

France. — En France, les établissements qui ont pour objet principal la fabrication des moulages d'acier se servent généralement de petits convertissseurs à soufflage latéral.

Parmi eux nous devons citer la Société Robert et Cie, ayant son siège à Paris, 149-153, rue Oberkampf, les Aciéries de la Meuse, à Stenay, etc.

Société Robert et Cie. — La première société exploitait, en 1900, quatre usines, l'une à Paris, au siège social, les autres à Stenay, Lens et Outreau. Elle se servait du convertisseur Robert, tel qu'il avait figuré à l'Exposition de 1889, c'est-à-dire muni de tuyères obliques, placées sur la paroi d'arrière du convertisseur, à un niveau peu inférieur à celui de la surface du bain de fonte. Les fontes employées doivent tenir 2.2 p. 100 de silicium après fusion au cubilot. Pour pouvoir produire ces fontes elle-même, la Société Robert et Cie a racheté les hauts fourneaux d'Outreau, capables de produire chacun 55 à 60 tonnes par jour. Les fours à coke annexés à l'usine ont une puissance de production notablement supérieure à la consommation des hauts fourneaux et la vente de l'excédent a été, pendant une certaine période, une source notable de bénéfices. L'installation d'une machine à gaz, système Thwaite, utilisant le gaz de ces derniers appareils, a permis de disposer d'une puissance motrice importante que l'on comptait utiliser pour la production d'électricité. D'après les indications fournies par la Société Robert et Cie, sa production de moulages d'acier était, en 1900, de 600 à 650 tonnes par mois.

Société des aciéries de la Meuse. — Celle des Aciéries de la Meuse (Société anonyme des aciers Levoz) est beaucoup moindre, car elle ne dépasse pas 120 tonnes par mois. Elle est obtenue au moyen du convertisseur Levoz, petit convertisseur à tuyères placées d'un seul côté, légèrement plongeantes et obliques en plan sur la paroi, comme celles du convertisseur Robert. La seule différence notable avec celui-ci consiste dans l'existence, sur le dôme de l'appareil, d'un renflement très accentué qui sert de poche au moment de la coulée. L'usine de Stenay comprend actuellement un seul convertisseur de 2 tonnes; on compte en monter un deuxième de même dimension ainsi qu'un convertisseur de 4 tonnes. Les fontes employées tiennent de 2.5 à 3 p. 100 de silicium; on arrête le soufflage quand la flamme est encore très visible et on recarbure, paraît-il, par addition de charbon de bois dans le convertisseur. Cette formule de travail, appliquée à des fontes à forte teneur en silicium, doit donner un produit retenant encore une proportion de ce métalloïde suffisante pour éviter la production de soufflures. Pour arriver plus régulièrement à ce résultat, on a probablement recours à des additions de ferro-silicium ou d'aluminium, à Stenay comme dans les autres fonderies d'acier.

Les expositions de la Société Robert et Cie et des Aciéries de la Meuse présentaient une grande variété de moulages, mécaniques ou autres; la première a obtenu une médaille d'or, la seconde une médaille d'argent.

Hauts fourneaux de Maubeuge. — Parmi les établissements qui ont adjoint la fonderie d'acier à leurs autres fabrications, nous devons citer la Société des hauts fourneaux de Maubeuge, qui a installé, dans son usine de Maubeuge, un atelier de moulage d'acier, pouvant produire annuellement 3,000 tonnes de pièces moulées dont le poids peut atteindre au besoin 5 tonnes. Le métal liquide est obtenu dans des convertisseurs du type Cambier, recevant des charges de 2,500 à 2,800 kilogrammes. Ces convertisseurs sont desservis par deux cubilots soufflés par des ventilateurs Root, mus par l'électricité et alimentés par un monte-charges électrique; les produits sont recuits dans deux fours spéciaux.

La halle de moulage, de 80 mètres sur 20, renferme un pont roulant électrique; l'atelier d'ébarbage est desservi par une grue roulante de 5 tonnes.

Maison Hachette fils et Driout. — La maison Hachette fils et Driout, à Saint-Dizier (Haute-Marne), a pour objet principal les constructions métalliques, mais elle a entrepris récemment la fabrication des moulages en acier doux au moyen du convertisseur Tropenas.

Elle emploie, comme matière première, des fontes tenant de 2 à 5 p. 100 de silicium, 3 p. 100 au moins en moyenne. Elle fabrique des cylindres et des pignons de laminoirs, des croisements de voies d'une seule pièce et d'autres grosses pièces jusqu'au poids de 3 tonnes sans parler d'une série variée de petites pièces.

Elle a obtenu, dans la Classe 64, une médaille d'argent pour ses moulages d'acier.

Aciéries de Longwy. — Pour la même fabrication, la Société des Aciéries de Longwy a eu recours à un système mixte consistant à employer tantôt le convertisseur, tantôt le four Siemens-Martin.

Son atelier est installé dans une halle de 130 mètres de longueur, desservie par deux ponts roulants électriques de 35 tonnes; il comprend deux petits convertisseurs à revêtement acide, avec deux cubilots pour les alimenter, un four de fusion sur sole, du type Biedermann-Harvey, deux grandes étuves, deux grands fours à recuire, dix grues à pivot, etc. Un certain nombre de grosses pièces sont coulées en acier Thomas : les moules sont préparés dans l'atelier de moulage, puis transportés à l'aciérie, où l'on y coule à la poche de l'acier liquide. La production était, en 1900, de 100 tonnes de moulages par mois; pour l'augmenter, on a construit une halle spéciale d'ébarbage, de 20 mètres sur 40.

Usine Saint-Jacques (Montluçon). — La Compagnie de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons fabrique, dans son usine de Saint-Jacques (Montluçon), une quantité importante de moulages en acier; pour les pièces de petite dimension ou d'une exécution difficile, le métal est fourni par des fours à creusets; pour les autres, par des fours Siemens-Martin, à sole acide ou basique.

La production de moulages en acier, en 1899, a été d'environ 2,000 tonnes, dont une centaine en acier au creuset. Le poids des pièces fabriquées peut atteindre 40 tonnes.

Le métal des moulages, découpé à froid en éprouvettes, peut donner depuis 32 kilogrammes de résistance à la rupture avec 30 p. 100 d'allongement jusqu'à 85 kilogrammes à la rupture avec 4 p. 100 d'allongement.

Les essais de choc donnent, suivant les cas, des résultats variant depuis le pliage à bloc jusqu'à une flèche inférieure à 0 m. 012 sous une série de chocs d'un mouton de 18 kilogrammes tombant d'une hauteur qu'on fait croître progressivement de 1 mètre à 1 m. 50 de hauteur, avec variation de 0 m. 05 de hauteur entre deux essais consécutifs. Les pièces moulées peuvent d'ailleurs être obtenues assez exemptes de soufflures pour ne donner, dans le cas des réservoirs de torpilles, par exemple, aucune fuite sous une pression de 80 kilogrammes par centimètre carré.

La Compagnie de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons exposait un grand nombre de spécimens remarquables de moulages d'acier, notamment un couvercle de cylindre de machine marine, d'environ 2 m. 10 de diamètre, à compartiments et d'une exécution aussi difficile que bien réussie, un tiroir de machine marine, un corps de cylindre de machine Brotherhood, un châssis d'affût de 100 millimètres, etc.

Dans son exposition figuraient deux voussoirs des arcs du pont Alexandre III, appartenant l'un à un arc de rive, l'autre à un arc intermédiaire. La compagnie a exécuté les deux arcs de la première catégorie et deux des treize arcs de la deuxième.

Les voussoirs, d'une longueur variant entre 1 m. 19 et 3 m. 63 et d'une hauteur comprise entre 0 m. 80 et 1 m. 52, ont une épaisseur variant de 0 m. 05 à 0 m. 06. Le cahier des charges imposait, pour l'acier moulé qui les constitue, une résistance de 45 kilogrammes et un allongement de 12 p. 100 au minimum, sur barreaux de 0 m. 200. La Compagnie de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons a obtenu en moyenne 55 kilogrammes et 16.5 p. 100 avec un métal contenant 0.45 p. 100 de carbone, 0.35 p. 100 de silicium et 0.50 p. 100 de manganèse. L'épreuve de choc imposée pour leur réception consistait à faire tomber un mouton de 18 kilogrammes, d'une hauteur de 1 m. 50 au moins, sur un barreau ayant une longueur de 0 m. 200 avec une section transversale de 0 m. 03 sur 0 m. 03, posé sur des couteaux espacés de 0 m. 16, sans rupture de celui-ci. Les barreaux ont résisté à des hauteurs de chute atteignant 2 mètres et même 2 m. 50; beaucoup ont dû être entaillés à la tranche pour qu'on pût les casser. Le moulage avait été fait en châssis, le poids de chaque châssis atteignant 25 tonnes environ, sable compris. Le recuit a duré cent huit heures pour chaque voussoir, avec chauffage lent, maintien de la température maxima pendant huit heures et refroidissement lent.

Usine d'Isbergues. — La fabrication des moulages d'acier a été installée récemment à l'usine d'Isbergues, avec une réelle ampleur. L'atelier comprend trois halles ayant une longueur commune de 70 mètres, avec une largeur de 22 mètres pour la halle centrale et de 11 mètres pour les deux halles latérales. Ces halles sont desservies par des ponts roulants de 25, 8 et 15 tonnes; les deux premiers de ces ponts sont actionnés électriquement. Les halles sont placées auprès des fours Martin destinés à les alimenter d'acier liquide.

L'atelier comprend trois étuves, un four à recuire, une installation de noyautage et un atelier spécial d'ébarbage et d'abatage des masselottes, occupant environ 1,000 mètres carrés. Pour l'ébarbage, on emploie couramment des burins pneumatiques, actionnés par de l'air comprimé à 6 kilogrammes. Des essais comparatifs ont établi que chacun de ces burins donne un travail équivalent à celui de trois hommes opérant au burin ordinaire et au marteau.

Pour détacher les masselottes, on emploie parfois le même appareil, mais on se sert plus couramment de scies circulaires, de 0 m. 400 et de 0 m. 900 de diamètre, opérant à froid, d'étaux limeurs ou de mortaiseuses. Ces derniers appareils sont disposés de manière à pouvoir couper les masselottes suivant des lignes courbes, faculté intéres-

sante dans le cas des pièces de forme circulaire coulées debout, telles que les roues de wagons. Les pièces cylindriques sont débitées à l'aide soit d'un grand tour en l'air de 2 m. 40 de diamètre, soit d'un tour parallèle de 6 m. 30 entre pointes.

La production de moulages d'acier à Isbergues est de 150 à 200 tonnes par mois.

Usines de la Loire et du Centre. — Les usines de la Loire et du Centre avaient exposé de remarquables spécimens de moulages d'acier ; nous les avons mentionnés précédemment et nous nous bornerons à donner ici quelques indications complémentaires, concernant notamment les résistances mécaniques obtenues. Nous avons déjà cité les chiffres de 55 kilogrammes de résistance et de 16.5 p. 100 d'allongement obtenus par la Compagnie de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons pour les voussoirs du pont Alexandre III.

L'usine d'Unieux (J. Holtzer et Cie) présentait la série suivante d'essais, exécutés sur des pièces moulées au creuset :

NUMÉROS.	LIMITE ÉLASTIQUE — (en kilogrammes par millimètre carré).	CHARGE de RUPTURE — (en kilogrammes par millimètre carré).	ALLONGEMENT — (en millimètres sur éprouvettes de 100 millimètres).	ESSAIS AU CHOC — sur BARREAUX de 30 millimètres sur 30 millimètres.
1	32.0	42.0	29.0	Pliage à bloc.
2	33.9	47.4	27.0	*Idem.*
3	37.4	53.5	20.0	*Idem.*
4	42.1	58.0	17.5	*Idem.*
5	41.2	62.3	14.0	*Idem.*
6	52.0	67.0	10.5	*Idem.*
Acier à 25 p. 100 de nickel	23.3	58	51.5	*Idem.*

Autriche. — *Usines Skoda.* — Parmi les moulages d'acier fort divers qui figuraient à l'Exposition, les plus importants étaient ceux de la Société des Établissements Skoda, à Pilsen, notamment l'étambot destiné au transatlantique allemand *Deutschland,* qui était formé de quatre pièces principales, l'inférieure de 21 tonnes, la supérieure de 23 tonnes, plus deux bras porte-hélices, de 18 tonnes chacun; à la partie supérieure était fixée en outre une pièce pesant 5 tonnes. Les établissements Skoda pourraient, à l'occasion, couler des pièces d'un poids bien supérieur, allant jusqu'à 80 tonnes.

On voyait dans leur exposition un bâti de 21 tonnes pour la machine du *Deutschland,* une hélice à quatre branches, pesant 4,700 kilogrammes, des engrenages coniques ou cylindriques pesant de 2,800 à 5,600 kilogrammes; des roues de dynamos pesant de 2,170 à 4,700 kilogrammes, des couvercles de cylindres et des pistons, enfin un grand nombre de pièces de matériel de chemins de fer. Tous les objets exposés prétentaient une apparence extérieure très satisfaisante. D'après les certificats d'essais produits à l'Exposition, les aciers moulés de l'usine Skoda seraient caractérisés par des coefficients mécaniques comparables à ceux des aciers laminés ou forgés. Leur

résistance à la rupture ne descendrait pas au-dessous de 42 kilogrammes par millimètre carré et l'allongement (sur 0 m. 200) serait très rarement inférieur à 20 p. 100.

Quand il se rapproche de sa valeur maxima, la résistance à la rupture atteint ou dépasse 48 à 50 kilogrammes; inversement, à une résistance de 43 kilogrammes seulement correspond un allongemement de 26 p. 100.

Les anomalies, assez rares, se présentent surtout à la partie supérieure des pièces de grande hauteur, telles que les étambots. En voici deux exemples tirés des procès-verbaux d'essais produits par les établissements Skoda :

		RÉSISTANCE. en kilogr.	ALLONGEMENT. p. 100.	STRICTION. p. 100.
Étambot de vaisseau (Marine autrichienne).	Partie supérieure.....	46	21.5	43
	Partie inférieure.....	42.4	21.0	47
Étambot d'un bâtiment de commerce. (Essais du Lloyd anglais.)	Partie supérieure.....	54	14.5	31
	Partie inférieure.....	45.6	21.0	30

De semblables variations des coefficients mécaniques, d'un point à l'autre d'une pièce de grandes dimensions, ont été signalées depuis longtemps; elles tiennent à des phénomènes de liquation impossibles à éviter au cours de la solidification d'une masse considérable de métal fondu. La Société des Établissements Skoda avait fourni peu de renseignements sur les moyens qu'elle emploie pour la fabrication de ses moulages. Le métal est obtenu au four Siemens-Martin, avec des fontes provenant surtout de Styrie. La production journalière pourrait atteindre facilement 110 tonnes.

Pendant une période de cinq années, les établissements Skoda ont livré 32,600 tonnes de pièces moulées en acier, soit environ 6,500 tonnes par an, en moyenne, chiffre dont il est intéressant d'indiquer la décomposition.

Pièces	pour construction maritime, ancres comprises.....	4,200 tonnes.
	pour machines à vapeur.....	3,800
	pour laminoirs, machines de mines, etc.....	2,200
	pour chemins de fer.....	5,500
	pour dynamos.....	6,700
	pour coupoles cuirassées et blindages.....	4,400
	pour affûts.....	5,500
	TOTAL.....	32,600

Ils ont obtenu un grand prix dans la Classe 64.

ITALIE. — *Usine de Terni.* — La fonderie d'acier a acquis une certaine importance à Terni; la production annuelle de moulages d'acier y avait atteint, dès 1897, le chiffre de 850 tonnes, qui doit être sensiblement dépassé aujourd'hui.

L'atelier occupe un espace de 1,670 mètres carrés, entre la halle du Bessemer et celle des fours Siemens-Martin; il est divisé en deux travées, dont chacune est desservie par un pont roulant de 20 tonnes. Ces deux ponts sont commandés par une turbine de 50 chevaux. Si l'on voulait couler des pièces d'un poids très considérable, on pourrait le faire dans la halle des fours Siemens-Martin, où il existe un pont roulant de 130 tonnes.

L'atelier de modelage couvre 400 mètres carrés; les étuves de séchage des moules sont placées à l'extrémité des deux travées du moulage, ainsi que celles servant au recuit des pièces.

L'usine de Terni a exécuté, en acier moulé, des étraves de navires atteignant le poids de 6 tonnes, des étambots pesant jusqu'à 12 tonnes, des engrenages de 8,000 kilogrammes, etc. Les spécimens de cette fabrication, qu'elle avait fait figurer dans son exposition, montraient peu de défauts sur leurs surfaces polies.

La Société de Terni possède à Savone une importante aciérie Siemens-Martin outillée de manière à pouvoir exécuter des moulages en acier atteignant le poids de 12 tonnes, mais il ne semble pas qu'elle ait donné, dans cette usine, une bien grande activité à cette branche de fabrication.

Fonderie milanaise d'acier. — Malgré sa grande puissance industrielle, la Société de Terni est loin d'avoir, en Italie, le monopole de la production des grosses pièces en acier moulé. Pour la fabrication de ces pièces, notamment de celles destinées à la construction maritime, elle se trouve en concurrence avec un établissement qui en fait sa spécialité, la Fonderie milanaise d'acier, société anonyme dont le siège social est à Milan.

L'usine, située à 1 kilomètre et demi de la ville, occupe une surface de 22,000 mètres carrés, dont la moitié est couverte; elle dispose d'une puissance motrice de 300 chevaux.

L'acier est obtenu dans deux petits convertisseurs Robert et déversé dans un réservoir où on l'entretient à une température convenable jusqu'au moment de la coulée.

On peut obtenir ainsi des moulages depuis le poids de 25 tonnes jusqu'aux plus petites dimensions usuelles.

La fonderie possède un matériel complet de machines hydrauliques à mouler et un outillage très perfectionné pour le désablage et l'ébarbage des pièces. Elle peut produire annuellement 4,000 tonnes de moulages finis.

Sa principale fabrication est celle des grosses pièces de forme compliquée qu'exige la construction maritime, étraves, étambots, gouvernails, etc. Une série importante de modèles au millième, représentant les pièces de ce genre livrées par la Compagnie, figurait à l'Exposition; elle présentait l'intérêt spécial d'avoir été exécutée en acier moulé.

La Fonderie milanaise fabrique également beaucoup de pièces en acier moulé pour la construction des ponts, des bâtis de dynamos, qui doivent être formés d'un acier assez doux pour que sa perméabilité magnétique diffère peu de celle du fer pur, de nombreuses pièces de matériel de chemins de fer, telles que boîtes à graisse, boîtes de tampons, croisements de voies, etc.

Elle exposait aussi des échantillons d'acier comprimé, présentant une résistance de 60 à 70 kilogrammes par millimètre carré et un allongement de 35 à 45 p. 100, mais sans donner aucun détail sur leur mode de fabrication.

Elle a obtenu une médaille d'or dans la Classe 64.

ÉLABORATION MÉCANIQUE DES LINGOTS.

L'élaboration mécanique des lingots d'acier ou de fer fondu se fait tantôt par forgeage, tantôt par laminage. La première de ces deux formules n'est guère appliquée qu'à la fabrication des pièces spéciales, caractérisées soit par des dimensions exceptionnelles, soit par certaines complications de forme ; son champ d'application tend plutôt à se restreindre par suite du développement constant des applications de l'acier moulé. Le laminage est, au contraire, le procédé usité pour la fabrication de la plupart des produits sidérurgiques ; il est pratiqué aujourd'hui avec un outillage d'une puissance considérable, outillage sur lequel nous allons fournir quelques indications générales.

Avant de passer dans les cannelures destinés à réduire progressivement sa section jusqu'au profil définitif, le lingot doit être porté à une température plus ou moins élevée suivant sa composition. Autrefois, on le laissait toujours se refroidir complètement avant le réchauffage; aujourd'hui cette pratique est devenue l'exception et le réchauffage des lingots froids ne se pratique qu'à la suite d'une interruption du travail régulier.

Il y a un double avantage à ne pas laisser refroidir les lingots : non seulement on réduit ainsi la consommation de combustible nécessaire pour les amener à la température de laminage, mais encore on évite des fissures superficielles qui se produisent souvent au cours du refroidissement et risquent de se propager ensuite à l'intérieur des lingots.

Dans certains cas, il est possible de supprimer tout réchauffage en introduisant dans des fosses à parois réfractaires (*pits*) les lingots aussitôt après leur démoulage. L'excès de chaleur emmagasiné au centre de chaque lingot, où le métal est souvent resté à l'état liquide, relève la température des zones superficielles suffisamment pour permettre le travail de laminage.

Ce procédé ingénieux, imaginé par M. Gjers, il y a une vingtaine d'années, exige que le type de lingots à laminer soit à peu près uniforme; il ne permet d'ailleurs pas de supprimer complètement les fours à réchauffer. La mise en train ne peut s'effectuer, en effet, qu'en relevant la température des parois des fosses au moyen de lingots chauds qui se refroidissent au-dessous du point de laminage et qui doivent être réchauffés par l'intervention d'une source extérieure de chaleur. On reproche au procédé Gjers de laisser subsister des différences de température assez sensibles entre le centre et la surface des lingots. En compensation, il réduit sensiblement le déchet par oxydation au cours du réchauffage et simplifie la manutention des lingots.

Pour conserver ces derniers avantages, tout en régularisant la marche du travail, on emploie, dans un certain nombre d'usines, des *pits* chauffés extérieurement, le plus souvent suivant le système Siemens. On peut alors régler à volonté la température superficielle des lingots, tout en évitant leur oxydation par contact avec une flamme.

Cette dernière considération a paru secondaire à certaines usines qui ont préféré revenir au chauffage direct, tout en conservant les dispositions générales qui caractérisent les *pits*, c'est-à-dire l'installation du four au-dessous du sol de l'usine et le réchauffage des lingots dans la position verticale, avec les facilités de manœuvre qui en résultent. D'autres usines, au contraire, ont conservé les anciens fours à réchauffer en leur adaptant des appareils mécaniques pour l'enfournement et le défournement des lingots.

Quelles que soient les dispositions adoptées pour l'égalisation de température ou le réchauffage des lingots, il importe de laisser ceux-ci se refroidir le moins longtemps possible à partir du démoulage.

Dans les aciéries récemment installées, cette opération s'exécute non plus dans la halle de coulée, mais au voisinage immédiat des *pits* ou autres appareils de réchauffage.

Nous avons décrit plus haut une disposition de coulée comportant l'emploi de lingotières posées sur trucks qui sont amenées successivement, par un appareil à commande hydraulique, devant l'orifice de la poche de coulée, portée par une grue-locomotive. Aussitôt la coulée effectuée, le train de lingotières est amené dans la halle de laminage, devant un appareil démouleur, à commande hydraulique ou électrique, qui peut se déplacer sur un pont, dans un sens perpendiculaire à la voie sur laquelle circulent les lingotières. Cet appareil est muni de deux griffes mobiles qui saisissent par-dessous deux saillies latérales que porte chaque lingotière; il soulève celle-ci pendant qu'une tige centrale maintient le lingot fortement appuyé sur le truck. La lingotière une fois soulevée à une hauteur suffisante, l'appareil se déplace transversalement de manière à l'amener au-dessus d'une voie sur laquelle se trouve un train de trucks vides et s'abaisse pour la déposer sur un de ces trucks; il revient ensuite prendre sa position initiale au-dessus du train à démouler, qui s'est avancé automatiquement, pendant ce temps, de la longueur d'un truck. L'opération recommence jusqu'à achèvement de l'opération de démoulage; elle n'exige que quelques minutes pour la coulée entière d'un convertisseur.

La photographie d'un appareil de ce genre, à commande hydraulique, figurait dans l'exposition de la maison Aug. Delattre et Cie, à Ferrière-la-Grande, de même qu'une grue de manœuvre des lingots démoulés.

Les lingots, une fois démoulés, peuvent être manœuvrés au moyen d'appareils assez divers, notamment de ponts roulants ordinaires, mais ce dernier système donne lieu, en cas de manœuvres rapides, à des oscillations qui peuvent gêner l'introduction des lingots dans les *pits* ou dans les fours souterrains. On évite cet inconvénient en faisant saisir le lingot par des mâchoires placées à l'extrémité inférieure d'une tige guidée verticalement, soulevée ou abaissée par un treuil électrique et portée par un pont roulant. Dans le type construit par la maison Aug. Delattre et Cie, les lingots à manœuvrer doivent peser 3,000 kilogrammes au maximum, leur hauteur pouvant varier entre 1 mètre et 1 m. 75 et le côté de leur base supérieure étant compris entre 0 m. 35 et 0 m. 45. La vitesse d'élévation est de 20 mètres par minute, celle de déplacement du chariot sur le pont, de 60 mètres, celle de translation du pont, de 66 mètres.

Le même appareil, ou, à son défaut, un pont roulant ordinaire, extrait les lingots réchauffés, les transporte à un basculeur placé à l'origine du rouleau alimentant le premier train (*blooming*) et les dépose sur ce basculeur qui les couche sans choc sur les rouleaux.

En Europe, la disposition usitée couramment pour le *blooming* est celle en duo, avec commande par machine réversible; la disposition en trio, avec releveurs mécaniques, est, au contraire, d'un usage général aux États-Unis.

Les *bloomings* réversibles récemment installés ont des cylindres de 1 m. 10 de diamètre et de 2 m. 70 à 2 m. 75 de longueur de table, avec 0 m. 200 de levée maximum. Ils sont parfois commandés directement par la machine réversible; d'autres fois leur vitesse de rotation est réduite dans le rapport de 2 à 1 par l'interposition d'une cage à pignon. Dans les installations les plus récentes, le mouvement de serrage est obtenu au moyen d'une crémaillère engrenant avec les deux pignons calés sur la tête des vis et actionnée elle-même par un double piston hydraulique. Le cylindre supérieur est équilibré par des pistons hydrauliques.

Le déplacement transversal et le retournement des lingots s'obtiennent au moyen d'appareils à commande hydraulique, placés de part et d'autre du train. Le plus souvent ces appareils comportent deux mouvements indépendants, l'un dans la direction horizontale, l'autre dans la direction verticale. On a réussi cependant à obtenir le retournement du lingot sans mécanisme spécial pour le déplacement vertical, en utilisant convenablement les déplacements horizontaux de deux plans inclinés plongeant en sens inverse.

Les rouleaux du *blooming* sont actionnés soit par de petits moteurs réversibles à vapeur, soit par des moteurs électriques. Dans certains types, notamment dans celui exposé par la maison Aug. Delattre et Cie, ces derniers moteurs sont à mouvement continu et la réversibilité est obtenue au moyen d'un embrayage à friction. Cette combinaison paraît être avantageuse quand les masses à mettre en mouvement sont considérables et les inversions fréquentes.

Avec les lingots de 2,500 à 3,000 kilogrammes que l'on passe couramment aujourd'hui au blooming, il faut que toutes les manœuvres se fassent mécaniquement. Ce résultat est assez complètement obtenu dans les types récents pour qu'un seul homme de chaque côté du train suffise à desservir l'appareil.

En sortant du train, le bloom est presque toujours cisaillé : en deux morceaux, si on continue le laminage sur place, en un plus grand nombre si les blooms débités doivent être livrés au commerce. On emploie pour cet usage des cisailles hydrauliques, telles que la cisaille Breuer et Schumacher. Dans cet appareil, la lame mobile est actionnée par un piston hydraulique commandé lui-même par un piston différentiel à vapeur, suivant un système que nous étudierons avec plus de détail à l'occasion du forgeage. Elle est ramenée en arrière par un petit piston, actionné directement par la vapeur, qui fonctionne en même temps comme ressort de choc, pour limiter la course de la lame mobile en cas d'impulsion trop intense ou d'insuffisance imprévue de la résistance.

Les cisailles de ce type sont tantôt à mouvement vertical, tantôt à mouvement horizontal; elles peuvent être établies pour couper à chaud des *blooms* ayant jusqu'à 0 m. 300 de côté.

Les morceaux de *blooms* destinés à être vendus sont souvent repris, au sortir même de la cisaille, par un appareil transporteur qui les verse directement dans un wagon.

Quand les *blooms* sont étirés immédiatement, après simple cisaillage en deux morceaux, tantôt on les lamine sans réchauffage, ce qui est généralement le cas quand on a passé les lingots dans des *pits* chauffés ou dans des fours verticaux, tantôt on les réchauffe dans des fours horizontaux. Ces fours peuvent être soit à chauffage direct, avec progression méthodique des lingots, soit du type Siemens. Les *blooms* y sont amenés au moyen d'un pont roulant électrique qui les prend sur les rouleaux, les transporte horizontalement à une vitesse d'environ 0 m. 60 par seconde et les enfourne mécaniquement; parfois, l'enfournement est obtenu au moyen d'un appareil hydraulique spécial. Le défournement s'effectue également d'une manière mécanique; avec les appareils électriques, un seul mécanicien suffit pour assurer toute la manutention.

Le laminage des billettes, poutrelles, rails et autres profils de forte section se fait ordinairement avec un duo réversible. Dans les usines de production moyenne, le groupe des cages affectées à ce travail peut être commandé par la même machine que le blooming, les deux appareils travaillant alternativement. Dans les usines à grande production, les trains finisseurs sont commandés par une machine distincte.

La maison Aug. Delattre et Cie avait exposé, outre les photographies d'un train réversible pour billettes et gros profilés, la cage dégrossisseuse de ce train en y supprimant seulement les appareils d'équilibrage du cylindre. C'était l'élément principal de son exposition, pour laquelle un grand prix lui a été décerné. Son train pour billettes et gros profilés, à cylindres de 0 m. 85 de diamètre, se compose de quatre cages, dont une, placée près de la machine, est employée spécialement au laminage des billettes. La cage suivante sert au dégrossissage des gros profilés courants, mais elle se trouverait insuffisante pour celui des poutrelles de plus de 0 m. 360 de hauteur. On démonte alors les cylindres de la cage à poutrelles pour les remplacer par des cylindres spéciaux, de manière à répartir l'ensemble des cannelures sur quatre cylindres au lieu de trois.

Les deux premières cages sont munies d'un serrage hydraulique et d'appareils hydrauliques pour le retournement et le déplacement des blooms; les deux autres ne comportent pas ces appareils accessoires, mais elles ont, comme les premières, des rouleaux entraîneurs. Des ripeurs, commandés par des moteurs électriques réversibles, desservent toute l'étendue du train, à l'avant et à l'arrière. Les manœuvres sont commandées par des machinistes placés sur des passerelles établies des deux côtés du train; les lamineurs n'ont à intervenir qu'en cas de dérangement de la machinerie.

La cage à billettes a été placée près de la machine, de manière à permettre de la faire fonctionner pendant qu'on change les cylindres des autres cages. A l'extrémité de la rangée antérieure de rouleaux commandés, se trouve un chenal incliné en tôle, muni de rouleaux fous, qui s'élève à travers la toiture et laisse libre le sol de l'atelier tout en per-

mettant de laminer des billettes de 120 à 130 mètres de longueur. Du côté arrière, au contraire, les rouleaux commandés se prolongent jusqu'à cette distance du train; à 127 mètres, se trouve une scie à chaud qui coupe les billettes en tronçons de 20 mètres environ; 20 mètres plus loin est une cisaille qui débite ces tronçons en longueurs variables suivant les transformations qu'ils devront subir ensuite.

Les rouleaux arrière de la cage finisseuse sont prolongés jusqu'à la hauteur de refroidissoirs, formés de fers inclinés à 0.021, avec ripeurs de distance en distance. Les barres sont d'abord débitées à chaud par deux scies espacées de 30 mètres, puis engagées sur les refroidissoirs par les ripeurs et remontées par ceux-ci sur la pente, de manière à s'engager dans une deuxième série de rouleaux, placée à 0 m. 70 au-dessus de la première avec un intervalle de 33 mètres d'axe en axe. Cette deuxième série les conduit à l'atelier de parachèvement.

La Duisburger Maschinenbau Actien Gesellschaft avait exposé, dans la classe 29, des photographies d'installations de trains blooming et de trains à poutrelles en duo réversible, ainsi que de trains trios pour laminage de petits profilés, installations faites par cette Société pour divers établissements sidérurgiques. Elle a obtenu une médaille d'argent dans la Classe 64.

Un très petit nombre d'usines, en Europe, emploient la disposition en trio pour le dégrossissage des lingots et pour le laminage des profilés de fortes sections. Cette disposition présente, il est vrai, l'avantage de permettre la commande du train par une machine à mouvement continu, consommant relativement peu de vapeur, mais elle soulève de sérieuses difficultés au point de vue du relevage des barres, spécialement en ce qui concerne le finissage. Ces difficultés sont, en effet, assez faciles à résoudre, pour le dégrossissage, au moyen de releveurs équilibrés, manœuvrés par des pistons hydrauliques; elles prennent une importance considérable dès que la longueur des barres rend impossible l'emploi de ces releveurs, qui seraient alors trop lourds pour être manœuvrables.

On a résolu partiellement le problème par l'emploi de crochets équilibrés, suspendus par des chaînes à des releveurs légers placés à la partie supérieure de l'atelier; les ouvriers n'ont alors autre chose à faire que d'assurer l'équilibre des barres posées sur les crochets et leur engagement dans les cannelures. Malgré tout, cette disposition demande au personnel plus d'efforts que le train réversible, aussi n'est-elle appliquée que pour des profilés de section moyenne.

Le laminage des grosses tôles et des larges plats s'effectue aujourd'hui au moyen de trains réversibles d'une grande puissance. L'exposition de la maison Aug. Delattre et Cie présentait les photographies d'installations semblables faites par cette maison.

Le train à tôles qui y figurait avait des cylindres de 1 m. 100 de diamètre et de 3 m. 500 de table : le serrage de ces cylindres était effectué au moyen d'embrayages à friction commandés par un moteur électrique. Le poids maximum des lingots à laminer est de 6 tonnes; ces lingots sont entraînés, à l'avant et à l'arrière, par des rouleaux commandés électriquement. Ils sont déplacés et retournés à angle droit par deux appareils hydrauliques,

placés à l'avant et à l'arrière du train; d'autres appareils hydrauliques permettent de retourner les tôles sens dessus dessous et de modifier leur orientation dans le sens horizontal.

Le laminage des larges plats (de 0 m. 200 à 0 m. 800 de largeur) s'effectue au moyen d'un train universel, comprenant deux cylindres horizontaux, en fonte trempée, de 0 m. 750 de diamètre, et de quatre cylindres verticaux, en acier extra-dur, de 0 m. 500 de diamètre. Le serrage de ces divers groupes de cylindres est obtenu au moyen d'embrayages à friction commandés par des moteurs électriques. Cette solution a paru préférable à la commande directe; on arrive d'ailleurs facilement à réaliser le démarrage sans choc au moyen d'embrayages à friction. Les cylindres latéraux avant et arrière, placés d'un même côté par rapport au large plat en cours de laminage, se déplacent simultanément ainsi que les guides du même côté, à l'avant et à l'arrière du train. Le serrage horizontal peut d'ailleurs s'effectuer simultanément, si on le veut, sur les deux petites faces du large plat. Le mouvement des cylindres extérieurs est donné par la cage à pignons.

Toutes les manœuvres s'effectuent mécaniquement, sauf celle des rouleaux placés, à l'avant et à l'arrière du train, pour empêcher les plats de se gondoler; le réglage de ces rouleaux en hauteur s'obtient à la main.

Le cylindre horizontal supérieur est équilibré par un piston hydraulique. Sa position, ainsi que celles des deux groupes de cylindres verticaux (droite et gauche du train), est indiquée par des curseurs, placés du côté avant du train.

La photographie de trains analogues, mais moins puissants, c'est-à-dire à cylindres de 0 m. 450 et 0 m. 650 seulement de diamètre, figurait dans l'exposition de la Duisburger Maschinenbau Actien Gesellschaft (Classe 29).

Les trains à blindages, dont on verra plus loin quelques exemples, se rattachent le plus souvent au premier des types que nous venons de décrire; ils n'en diffèrent que par des dimensions encore plus fortes, dans les installations récentes du moins.

Le diamètre de leurs cylindres atteint 1 m. 20 à 1 m. 30; leur longueur de table, 4 mètres à 4 m. 25, cote qu'il semble difficile de dépasser à raison des limites de dimensions imposées par les conditions générales de transport des produits finis. L'emploi du train universel, avec une largeur plus faible de table, est moins fréquent que celui du train ordinaire à deux cylindres.

Pour les tôles moyennes, on emploie assez souvent le train Lauth et Deby : cet appareil est utilisé parfois pour la fabrication des grosses tôles et même des blindages. L'exposition de la maison Aug. Delattre et Cie en fournissait un exemple, car le train qu'elle a livré à l'aciérie de Terni et dont elle exposait la photographie lamine au besoin des plaques de 0 m. 25 d'épaisseur. On trouvera plus loin des détails sur les dispositions et sur le fonctionnement de cet appareil.

Le laminage des tôles minces et des fers noirs se fait toujours en duo, avec une puissance motrice plus grande qu'autrefois et par suite avec une production journalière plus importante, mais sans aucune modification sérieuse dans les installations.

Le laminage du fer-machine, au contraire, a donné lieu, depuis une vingtaine d'années,

à la création d'organisations nouvelles, aux États-Unis surtout. Ces installations puissantes impliquent de très grosses productions dont l'écoulement présenterait, en Europe, des difficultés considérables : aussi n'en rencontre-t-on guère d'exemples en dehors de l'Amérique. Il convient d'ajouter qu'elles ne paraissent pas présenter d'avantages bien notables, au point de vue de la dépense de force motrice du moins, par rapport aux installations de serpentage simple, bien étudiées et bien conduites. L'Exposition ne fournissait aucun élément utile pour la comparaison des deux systèmes.

Elle ne fournissait également presque aucune indication intéressante au sujet du laminage circulaire, dont l'objet principal est la fabrication des bandages.

Il nous reste, pour compléter l'exposé de l'organisation actuelle du travail de laminage des lingots, à indiquer les caractères principaux des machines employées à conduire les trains de laminoirs et à donner quelques détails spéciaux sur l'installation de certains de ces trains.

MACHINES MOTRICES POUR TRAINS DE LAMINOIRS.

Les machines à vapeur employées actuellement pour la commande des trains de laminoirs sont d'une puissance considérable. Alors que, pour les anciens trains à fer, on se contentait de machines à volant et à cylindre unique, développant une centaine de chevaux, ou même moins encore, on emploie aujourd'hui couramment des machines réversibles à deux ou à trois cylindres, développant de 3,500 à 10,000 chevaux au moment de l'effort maximum. Les usines ont donc le plus grand intérêt à choisir un type à la fois robuste et économique.

Pour les trains à rotation continue, on emploie tantôt des machines à un seul cylindre, tantôt des machines compound tandem. Le volant, très massif, commande souvent le train par l'intermédiaire d'une transmission formée de cordes indépendantes et juxtaposées.

La Société Alsacienne de constructions mécaniques avait fait figurer dans son exposition les dessins d'une machine compound tandem, horizontale, dont le cylindre à basse pression est placé du côté de la manivelle. Les deux cylindres reposent sur un cadre commun, sur lequel ils peuvent librement se dilater et sur lequel, en outre, on peut faire glisser le petit cylindre, après avoir défait le joint qui le réunit au grand. On a ainsi des facilités spéciales pour la visite des cylindres et le démontage du piston.

Les cylindres sont reliés entre eux par une entretoise creuse formant réservoir de vapeur. La vapeur passe d'abord dans l'enveloppe du petit cylindre, se détend partiellement dans celui-ci, passe dans l'entretoise creuse, puis dans l'enveloppe du grand cylindre, achève de se détendre dans ce dernier et arrive enfin au condenseur placé sous la machine.

La distribution est obtenue au moyen de huit obturateurs oscillants commandés par deux excentriques calés sur l'arbre moteur. Elle comporte, pour le grand cylindre, une admission d'environ 0.50 de la course, une avance à l'échappement et une compression de 0.15 à 0.20, le tout obtenu au moyen d'un seul excentrique.

Des quatre obturateurs du petit cylindre, deux sont commandés par un second excentrique; ils donnent des admissions pouvant varier de 0 à 0.7 de la course, suivant la position du régulateur. Les deux obturateurs d'échappement sont commandés par un mouvement combiné, dérivé de celui des deux excentriques; ils donnent de 0.05 à 0.10 d'avance à l'échappement et à la compression.

Une pareille machine ne consomme, en marche continue, que 6 h. 5 de vapeur par cheval et par heure, mais l'utilisation effective de la puissance motrice se trouve singulièrement réduite, d'une part, par les frottements dus au poids considérable du volant; d'autre part, par les interruptions qui se produisent nécessairement dans le fonctionnement industriel d'un train à mouvement continu.

La Duisburger Maschinenbau Actien Gesellschaft exposait les photographies de divers types de machines à manivelle unique, soit monocylindriques, soit à deux cylindres en

tandem, disposées en vue de la commande de trains de laminoirs. Les premières avaient jusqu'à 1 m. 10 de diamètre de cylindre avec 1 mètre de course; les autres, 0 m. 85 et 1 m. 55 de diamètre de cylindres, avec 1 m. 10 de course.

Pour le laminage des gros profils, l'emploi des machines réversibles s'impose; il reste à examiner quelles sont les dispositions générales à adopter pour ces machines. Pendant longtemps on s'est contenté de deux cylindres dont les pistons actionnaient des manivelles calées à 90 degrés l'une de l'autre sur l'arbre moteur. Cette disposition ne permet pas de détendre beaucoup la vapeur, car, pour que le démarrage soit possible dans tous les cas, il faut que l'admission ne soit pas encore terminée quand la manivelle est à 45 degrés sur la verticale. Pour rendre la marche plus économique, on a employé quelquefois des machines compound tandem, mais le démarrage devient difficile et la construction se complique beaucoup. Aussi ne rencontre-t-on qu'un petit nombre d'appareils de ce type: la plupart des machines dont l'arbre porte deux manivelles calées à 90 degrés n'ont que deux cylindres. Avec des dispositions accessoires convenables, telles que l'emploi de tiroirs cylindriques et la commande de la distribution par un servo-moteur, on obtient ainsi un type robuste et comportant une grande précision de manœuvres. Certaines de ces machines, d'une puissance de 4,000 à 5,000 chevaux, sont en service depuis une vingtaine d'années et donnent encore toute satisfaction au point de vue de la régularité de leur fonctionnement.

Néanmoins il est incontestable que l'emploi de trois cylindres au lieu de deux donne des résultats encore plus satisfaisants à ce dernier point de vue, tout en permettant d'augmenter l'étendue de la détente dans chaque cylindre. Avec trois manivelles calées sur l'arbre à 120 degrés l'une de l'autre, le point le plus défavorable est celui où une de ces manivelles est au point mort, une autre étant dans une position telle que l'admission de vapeur se trouve coupée dans le cylindre correspondant. Le troisième piston agit seul; son effort est appliqué à l'extrémité d'un bras de levier égal aux trois quarts du rayon des manivelles. Pour que le moment de cet effort soit équivalent à celui développé dans une machine jumelle, au point le plus défavorable, il suffit, à pression égale, que le diamètre du cylindre de la première machine soit égal aux 4/5 de celui de la deuxième. La somme des sections des trois cylindres sera donc supérieure d'un cinquième à celle des deux cylindres de la machine jumelle, ce qui permet une détente plus prolongée pour un travail déterminé. Il est d'ailleurs facile de vérifier que les conditions de démarrage ne font pas obstacle à une réduction de l'admission.

Pour augmenter encore l'économie de vapeur, on pourrait avoir recours à la détente dans deux ou plusieurs cylindres consécutifs, soit sous la forme compound tandem, qui nécessite le doublement du nombre de ces organes, soit, avec trois cylindres seulement, en admettant la vapeur dans le cylindre central et se servant des deux cylindres latéraux comme cylindres de détente. On a constaté que ces deux dispositions ne donnaient pas les mêmes facilités de manœuvres que l'admission directe dans les trois cylindres et ne convenaient, par suite, qu'à des cas particuliers, caractérisés par une grande régularité du travail à effectuer.

IMPRIMERIE NATIONALE.

La maison Ehrhardt et Sehmer, de Schleifmühle, près Saarbrücken, s'est fait une spécialité de la construction de ces grandes machines, à trois cylindres horizontaux, dont elle a livré trente et un exemplaires de 1882 à 1900. Elle présentait à l'Exposition une de ces machines, de son plus petit modèle, développant de 3,500 à 4,000 chevaux à une vitesse de 120 à 130 tours par minute, la pression étant de 9 kilogrammes aux chaudières. Les pistons ont 1 mètre de diamètre et de course; le diamètre de l'arbre moteur, dans les paliers, est de 0 m. 425. Tous les organes sont prévus pour une pression de vapeur de 10 kilogrammes et une marche à 180 tours par minute.

La distribution est obtenue au moyen de tiroirs cylindriques, placés vers la partie supérieure des cylindres moteurs; ces tiroirs sont actionnés par un servo-moteur à vapeur avec frein hydraulique. Malgré la grande précision de manœuvre du servo-moteur, il est impossible de régler exactement, par la seule action de la distribution, la vitesse de la machine : on ne peut se dispenser de faire intervenir les soupapes d'admission, à double siège, placées immédiatement au-dessus de chaque boîte à tiroir et commandées par un levier unique. Ce levier, ainsi que celui du servo-moteur, sont placés sur une plate-forme de manœuvre, surélevée au milieu de la machine, au-dessus de la manivelle du cylindre central. Le mécanicien, placé sur cette plate-forme, voit l'ensemble de la machine et des deux trains, placés de part et d'autre de celle-ci : il peut donc régler facilement l'admission et la vitesse. L'admission est ordinairement de 70 p. 100 au moment du démarrage et se réduit à 30 p. 100, pour une vitesse de 180 tours, pendant la période normale de laminage.

La machine exposée consommait environ 10 kilogrammes de vapeur, à 9 kilogrammes de pression, par cheval et par heure, quand elle développait 4,000 chevaux. En réalité, sa consommation moyenne n'est que le quart environ de ce chiffre, à cause de la variabilité et des intermittences du travail de laminage.

La maison Ehrhardt et Sehmer a construit des machines du même type ayant des cylindres de 1 m. 300 de diamètre avec 1 m. 300 de course, et développant facilement 10,000 chevaux pour une pression de vapeur atteignant 10 kilogrammes par centimètre carré. Elle a obtenu un grand prix dans la Classe 64.

EXEMPLES DE GRANDES INSTALLATIONS DE LAMINAGE.

France. — *Aciéries de Longwy.* — Les installations de laminage de la Société des aciéries de Longwy sont importantes et variées; elle se divisent en deux groupes, assurant l'un le laminage des profilés, l'autre celui des petits fers et du fer-machine.

Le premier groupe est installé dans une halle de 180 mètres de long, desservie sur toute sa longueur par trois ponts roulants de 30 tonnes, l'un à vapeur, les deux autres à commande électrique. Ces ponts roulants servent à effectuer principalement les changements de cylindres et accessoirement toutes les autres manœuvres.

Les trains sont disposés, sous cette halle, dans l'ordre suivant :

1° Un blooming, à cylindres de 1 m. 10 de diamètre et de 2 m. 10 de table et un train à grosses tôles, à cylindres de 0 m. 85 de diamètre et de 2 m. 50 de table, actionnés l'un et l'autre par une machine de 2,000 chevaux, construite par Miller et Cie, à Glasgow. La vitesse de rotation de l'arbre moteur est réduite de moitié par un train d'engrenages. Ces deux trains sont munis de rouleaux entraîneurs mus par l'électricité, d'un retourneur hydraulique et d'un treuil à vapeur pour la manutention des tôles. Il leur est adjoint une cisaille à chaud, pour les blooms, une cisaille de Breuer et Schumacher, deux cisailles pour larges tôles, l'une de Delattre et Cie, pouvant cisailler d'un seul coup une largeur de 2 m. 10, l'autre construite à l'usine même, actionnée électriquement et pouvant couper une largeur de 3 m. 50 sur 0 m. 040 d'épaisseur, une machine à planer à rouleaux de 2 m. 10 de largeur, enfin divers appareils accessoires.

2° Un deuxième groupe, formé de trains finisseurs, est actionné directement par une machine réversible de 2,500 chevaux, construite par Miller et Cie. Il se compose, d'un côté, d'un train réversible avec trois paires de cages, à cylindres de 0 m. 75 de diamètre et 2 mètres de table, pour gros rails, grosses poutrelles, grands profilés, larges plats laminés en cannelures, jusqu'à 0 m. 300, etc.; de l'autre côté, un train universel pour larges plats, avec cylindres horizontaux de 0 m. 650 de diamètre et cylindres verticaux pouvant s'écarter de 0 m. 900 au maximum.

Ces trains sont munis d'un jeu de rouleaux automoteurs, de scies à chaud, cisailles et autres appareils accessoires nécessaires pour le finissage.

3° Une machine de 1,000 chevaux du système Hoyois, construite à Haine-Saint-Pierre, commande deux trains trios, l'un pour tôles moyennes, à cylindres de 0 m. 720 de diamètre et de 2 mètres de largeur de table, l'autre universel trio, pouvant laminer des larges plats de 0 m. 012 à 0 m. 003 d'épaisseur et de 0 m. 200 à 0 m. 600 de largeur. Ce dernier train possède, outre ses trois cylindres horizontaux, quatre cylindres verticaux.

Ce troisième groupe est desservi par trois cisailles électriques et par divers appareils accessoires.

4° A la suite des groupes précédents se trouve un train trio, à trois paires de cages, à cylindres de 0 m. 620 de diamètre et 1 m. 600 de table, actionné par une machine de

500 chevaux, du type Hoyois vertical. Ce train lamine les cornières, poutrelles moyennes, petits rails, billettes, etc.

La halle renferme, en outre, pour assurer l'alimentation des trains décrits ci-dessus, un groupe de *pits* chauffés extérieurement, deux fours souterrains chauffés par quatre gazogènes soufflés, enfin un certain nombre de fours à réchauffer ordinaires, avec chaudières verticales représentant une surface totale de 970 mètres carrés. Les *pits* et les fours souterrains sont desservis par trois ponts roulants et deux grues électriques; ils reçoivent spécialement les lingots arrivant chauds de l'aciérie. Les chauffes des divers fours à réchauffer sont soufflées par deux ventilateurs Farcot, commandés par une machine Sulzer de 70 chevaux.

La vapeur est fournie aux machines, d'abord par les chaudières des fours à réchauffer, ensuite par six chaudières de Naeyer, avec réchauffeurs, ayant chacune 237 mètres carrés de surface de chauffe, et par trois chaudières Mathot, avec économiseurs Green, ayant chacune 238 mètres carrés de surface de chauffe.

Les tours à cylindres, pour l'ensemble de la halle, sont actionnés par un moteur électrique de 30 chevaux.

Le cisaillage et le planage des tôles, le refroidissement des rails, etc., s'effectue sous des halles secondaires desservies par quatre ponts roulants électriques, de 1 t. 5, 2 t. 5 et 5 tonnes.

Dans une deuxième halle, desservie par deux ponts roulants électriques de 15 et de 30 tonnes, se trouvent deux trains actionnés chacun par une machine spéciale.

Le premier, dit *train cadet,* est conduit par une machine du type Hoyois, à grande vitesse, de 700 chevaux, construite dans les ateliers de l'usine. Il comprend trois sections :

1° Un dégrossisseur à deux paires de cages;

2° Un finisseur pour petits profilés marchands, à cinq paires de cages et cylindres de 0 m. 500 de diamètre;

3° Un finisseur pour petits profilés spéciaux, à quatre paires de cages et cylindres de 0 m. 400 de diamètre.

Le second est un train-machine, conduit par une machine horizontale à grande vitesse, de 600 chevaux, construite par Klein frères, à Dalbrück; il produit de 50 à 70 tonnes par 24 heures. Il comprend deux groupes de cages pour petits profilés marchands et un équipage finisseur à neuf paires de cages, marchant à une vitesse de 500 tonnes par minute, avec guides pour engagement automatique des barres.

Ces deux trains sont desservis par six fours à réchauffer, dont un muni d'une chaudière de Naeyer et les cinq autres munis de chaudières verticales.

Il existe en outre deux chaudières de Naeyer de 180 mètres carrés de surface de chauffe et trois chaudières du même type, de 200 mètres carrés, avec économiseur Green.

Tous les appareils accessoires de ces deux trains, rouleaux, cisaille, scies, etc., sont actionnés par l'électricité.

L'usine possède deux ateliers de finissage pour rails, poutrelles, cornières, etc.; l'un est conduit par une machine Corliss de 70 chevaux, l'autre ne possède que des appareils actionnés électriquement.

Aciéries de Micheville. — Les installations de laminage de Micheville sont moins variées que celles de Longwy, car elles ont pour objet exclusif la fabrication des billettes, rails, poutrelles et traverses métalliques. Mais, de date plus récente, elles sont puissantes et bien organisées en vue de réaliser une production économique. Nous avons déjà signalé un de leurs caractères essentiels, l'emploi d'un type unique de lingotières, ayant 0 m. 51 sur 0 m. 51 à la base, de manière à obtenir des lingots d'un poids variant entre 1,800 et 2,500 kilogrammes, suivant leur hauteur; tous ces gros lingots doivent passer au blooming, quel que soit le profil définitif que l'on veuille obtenir.

Une pareille organisation exige l'emploi d'un blooming très puissant. Celui de Micheville est à cylindres de 1 m. 100 de diamètre et de 2 m. 650 de longueur de table; il est actionné par une machine réversible, construite par la Société alsacienne de constructions mécaniques, et d'une puissance de 2,000 à 4,000 chevaux. Les cylindres de cette machine ont 1 m. 050 de diamètre avec 1 m. 400 de course; la commande du train se fait par l'intermédiaire d'engrenages réduisant la vitesse dans le rapport de 15 à 7.

Le serrage des vis du cylindre supérieur est obtenu au moyen d'un appareil hydraulique; il peut être poussé jusqu'à réduire les blooms à 0 m. 100 de côté.

Les blooms sont transportés, par un jeu de rouleaux actionné électriquement, à une cisaille qui peut couper une section carrée de 0 m. 280 de côté. Ils sont, ou ensuite envoyés directement au finissage, ou transportés, par des locomotives, à un parc spécial où ils sont déchargés au moyen de grues à vapeur.

Le finissage s'effectue au moyen d'un train réversible pour les gros profils, en trio pour les petits. Dans le premier cas, les blooms, sortant du dégrossissage, sont amenés, par des ripeurs à câbles souterrains, en face d'un four à gaz dont la sole est, de ce côté, au niveau du sol d'usine. Ils sont refoulés sur la sole par une enfourneuse mécanique de la maison Delattre et Cie, puis retirés par le même appareil et ripés jusque sur les rouleaux automoteurs du train finisseur.

Celui-ci se compose de quatre cages à cylindres de 0 m. 900 de diamètre : la première de ces cages sert à laminer les billettes; les trois autres portent les cannelures nécessaires pour profiler les poutrelles de 0 m 180 à 0 m. 500 et les rails pesant plus de 20 kilogrammes par mètre. Les premières cages comportent, pour le cylindre supérieur, un déplacement vertical de 0 m. 100, obtenu au moyen de vis commandées elles-mêmes par un appareil hydraulique.

La machine motrice est à deux cylindres de 1 m. 100 de diamètre et 1 m. 100 de course; elle peut développer 5,000 chevaux.

Les diverses cages sont desservies par des rouleaux automoteurs et par des ripeurs, le tout actionné électriquement.

Le dernier jeu de rouleaux, de 120 mètres de longueur, amène les barres à une

installation de découpage composée de deux scies à chaud et d'une cisaille à chaud. Les produits découpés sont ripés électriquement sur des tables de refroidissement.

Cette puissante installation a une capacité moyenne de production atteignant 190 tonnes par 12 heures; elle ne fonctionne actuellement que de jour parce que l'aciérie ne lui fournit pas une quantité suffisante de lingots.

Les petits profils sont laminés par un train trio placé sur le même alignement que les deux précédents et comprenant trois cages à cylindres de 0 m. 700 de diamètre.

La machine motrice est compound tandem, à condensation; ses cylindres ont des diamètres de 0 m. 850 et de 0 m. 200, avec une course de 1 m. 300; elle peut marcher à 100 tours par minute et développer 1,500 chevaux.

La première cage est desservie par un tablier releveur, actionné par un cylindre à vapeur; les deux dernières le sont par un crochetage à leviers et par des rouleaux conduits par de petites machines à vapeur. Les produits finis sont découpés soit par une scie à vapeur, soit par une cisaille; à côté de celle-ci se trouve une presse à emboutir qui permet d'obtenir des traverses métalliques d'un seul coup, sans réchauffage.

Le train trio peut produire, par 24 heures, 115 tonnes de rails, traverses, poutrelles, fers en U, etc.

Aciéries du Nord et de l'Est. — Le grand laminoir réversible de l'usine du Poirier, appartenant à la Société des forges et aciéries du Nord et de l'Est, fonctionne depuis le premier semestre de l'année 1889 : monté par la Société Cockerill, il a servi de type à un certain nombre d'installations plus récentes.

La machine motrice comporte deux pistons de 1 m. 250 de diamètre et 1 m. 400 de course, dont les bielles commandent, par l'intermédiaire de deux manivelles calées à angle droit, un arbre prolongeant directement les cylindres du train. Avec une pression de vapeur de 3 à 5 kilogrammes par centimètre carré et une admission aux 3/4 de course, la vitesse peut atteindre 150 tours par minute, la puissance développée étant alors de 5,000 chevaux indiqués. La distribution de vapeur est assurée par des tiroirs cylindriques, commandés par trois excentriques ordinaires avec coulisse droite : elle permet de régler la détente à volonté et d'obtenir le changement de marche avec une précision remarquable. Ce résultat est tout particulièrement intéressant, étant donné que le poids des pièces animées d'un mouvement alternatif est de 10,500 kilogrammes par cylindre, dont moitié pour la bielle et ses coussinets, et que la vitesse de ces pièces peut atteindre 7 mètres par seconde.

Le train lui-même se compose de trois cages servant, la première au dégrossissage des lingots, les deux autres à l'ébauchage et au finissage des barres. Chacune de ces cages est desservie par un double jeu de rouleaux cannelés automoteurs, affleurant le sol et conduit par des machines réversibles à vapeur. Le déplacement des lingots ou des barres parallèlement aux cylindres est effectué au moyen d'un ripeur à tenons actionnés par quatre câbles sans fin : ceux-ci passent sur des poulies à gorge dont la rotation est obtenue au moyen d'un cylindre hydraulique.

Pour pouvoir laminer au finisseur des barres de 60 mètres, on a prolongé les jeux de rouleaux automoteurs, de part et d'autre, par des canaux en tôle inclinés et munis de rouleaux libres.

Ce puissant outillage est desservi par seize *pits* en briques, chauffés extérieurement au moyen d'un gazogène Siemens et de récupérateurs, ainsi que par un autre groupe analogue, de douze *pits*, qui ne sert qu'exceptionnellement. En allure régulière, l'égalisation de la chaleur dans la masse des lingots s'effectue d'elle-même, sans réchauffage. Les appareils sont desservis par deux grues hydrauliques qui déposent les lingots, à leur sortie des *pits*, sur un basculeur hydraulique, destiné à les coucher sans choc sur les rouleaux engageurs.

Le laminoir comporte les appareils accessoires suivants :

1° A chacune de ses extrémités, deux grues pivotantes à vapeur, servant à changer les cylindres et à enlever les pailles de laminage tombées dans la fosse située entre les fondations du train.

2° En face de la paire de cages du milieu, à l'arrière des rouleaux, une cisaille hydraulique pouvant couper à chaud des blooms de 0 m. 200 de côté.

3° Deux scies à chaud, à balancier.

4° Une cisaille à chaud, installée en face des cannelures finisseuses et à une distance de 65 mètres du train; elle peut couper des billettes de 0 m. 040 à 0 m. 100 de côté.

Le bon fonctionnement de cette installation depuis son origine prouve la justesse des vues qui avaient présidé à sa création.

Aciéries d'Isbergues. — L'usine d'Isbergues est outillée pour laminer tous les profils, depuis les rails de 52 kilogrammes par mètre et les grandes poutrelles jusqu'aux rails de 3 kilogrammes et aux petits profilés.

L'ancien blooming, à cylindres de 0 m. 860 de diamètre et 2 m. 145 de table, installé en 1882, n'était plus assez puissant pour répondre aux besoins actuels de l'industrie sidérurgique. Il a été remplacé en 1899 par un train à cylindres de 1 m. 10 de diamètre, avec 2 m. 17 de table, et ne sert plus que comme appareil de réserve.

La nouvelle installation est basée sur les mêmes principes que celle de Micheville. Tous les lingots sont d'un type uniforme et pèsent 2,500 kilogrammes. Ils sont réchauffés dans 12 *pits* ordinaires, 8 *pits* chauffés et 1 four vertical, à 14 alvéoles, du nouveau système Siemens; une grue centrale, à trois mouvements, hydraulique, les prend au bassin Bessemer, les enfourne dans un des appareils de réchauffage, les en retire et les place sur un basculeur, qui les dépose sur un des rouleaux du blooming.

Cet appareil est muni de rouleaux automatiques à l'avant et à l'arrière, d'un ripeur-retourneur hydraulique à l'avant et d'une cisaille hydraulique du type Breuer et Schumacher, débitant les blooms à chaud.

Le serrage des cylindres est effectué par un appareil hydraulique; la levée maxima du cylindre supérieur est de 0 m. 16. La section des blooms varie depuis 0 m. 08 sur 0 m. 08 jusqu'à 0 m. 35 sur 0 m. 35.

Le blooming est conduit par une machine de 2,500 chevaux, horizontale, sans condensation, à deux cylindres de 1 m. 10 de diamètre et 1 m. 20 de course, avec distribution par tiroirs cylindriques et coulisse de Stephenson commandée elle-même par un servo-moteur avec piston compresseur à huile. La machine de l'ancien blooming a deux cylindres de 0 m. 80 seulement de diamètre sur 1 m. 20 de course; elle développe 1,200 chevaux à 80 tours et marche à condensation.

Le train à rails et grands profilés a trois paires de cages, de 1 m. 60 de longueur, avec des cylindres de 0 m. 65 de diamètre. La faible valeur de cette cote a obligé à employer des cylindres en acier pour laminer les gros profils et surtout les éclisses spéciales, de 2 m. 50 de long et de forme compliquée, adoptées par la Compagnie de l'Ouest pour la ligne du Champ de Mars.

Le train est conduit par une machine horizontale, sans condensation, à trois cylindres de 1 m. 10 de diamètre et 1 m. 20 de course, avec distribution du même type que la machine du blooming. Cet appareil développe 3,500 chevaux à 120 tours par minute et pourrait aller jusqu'à 4,500 chevaux.

Les profils moyens se laminent au moyen de deux trains trios de 0 m. 45, à quatre paires de cages chacun, conduits par une machine verticale, à condensation, à un seul cylindre de 1 m. 10 de diamètre et de 1 m. 25 de course, avec distribution Meyer, développant 600 chevaux à 60 tours.

Le laminage des petits profilés marchands se fait sur un train double-duo, d'un système breveté par M. Banning. Ce système comporte le groupement, sur une même paire de cages, de deux paires de cylindres, placées de manière que le cylindre supérieur d'une de ces paires et le cylindre inférieur de l'autre soient placés au même niveau et très rapprochés l'un de l'autre dans le sens horizontal. Avec une pareille disposition, on peut obtenir le même résultat qu'avec le trio, au point de vue de la rapidité du laminage, tout en évitant les complications entraînées par la solidarité existant, au point de vue du tracé des cannelures, entre le cylindre moyen du trio et les deux autres. Avec quatre cylindres, on peut placer, sur une longueur de table qui n'a rien d'exagéré, tous les petits profils usuels, ronds, plats, carrés, etc., et éviter ainsi de nombreux changements. A Isbergues, les cylindres ont 0 m. 40 de longueur de table pour un diamètre de 0 m. 28. La seule complication à signaler est celle dérivant de la nécessité d'intercaler un pignon entre les deux cylindres moyens du train pour assurer une corrélation convenable entre leurs sens de rotation.

Le train est conduit par une machine verticale, à mouvement continu, à condensation, à un seul cylindre de 0 m. 85 de diamètre et de 1 mètre de course, munie d'une distribution par tiroir circulaire et développant 650 chevaux à la vitesse de 110 tours.

Aciérie d'Homécourt. — Les installations de laminage de la nouvelle aciérie d'Homécourt (Meurthe-et-Moselle), faites par la maison Delattre et Cie, se rattachent au type que nous avons décrit à l'occasion de l'exposition de cette maison; elles comprennent :

1° 1 train blooming, à cylindres de 1 m. 10 de diamètre et de 2 m. 75 de longueur

de table, pouvant laminer par 24 heures jusqu'à 1,000 tonnes de blooms ayant de 0 m. 09 à 0 m. 28 de côté ou de brames ayant 0 m. 09 à 0 m. 26 d'épaisseur sur 0 m. 15 à 0 m. 40 de largeur. La machine est horizontale, à deux groupes compound tandem, avec 1 m. 20 de diamètre pour les cylindres de basse pression et 1 m. 30 de course;

2° 1 finisseur réversible, à cages, à cylindres de 0 m. 85 de diamètre et de 2 m. 25 de longueur de table, actionné par une machine Ehrhardt et Sehmer, à trois cylindres, de 1 m. 30 de diamètre et de course égale, pouvant fonctionner à volonté en compound et développer au maximum 7,000 chevaux.

La première cage servira à laminer des billettes carrées de 0 m. 04 à 0 m. 09 de côté, des largets depuis 0 m. 08 d'épaisseur et de 0 m. 15 à 0 m. 20 de largeur; dans les autres cages, on laminera des poutrelles jusqu'à 0 m. 55 de hauteur, des traverses, des rails pour chemins de fer et tramways, etc. L'installation des rouleaux, scies, etc., est prévue pour des longueurs atteignant 85 mètres.

On installera un autre train analogue, mais à cylindres de 0 m. 70 de diamètre seulement, de l'autre côté de la machine motrice.

L'outillage de parachèvement, nécessaire pour desservir l'atelier de laminage décrit ci-dessus, est actionné électriquement par un courant triphasé à 500 volts. Il en est de même des rouleaux automoteurs, ponts roulants, etc. Les lingots seront transportés de l'aciérie au blooming au moyen de locomotives électriques à accumulateurs.

Le laminage des lingots produits à Homécourt se fera, non seulement dans cette usine, mais encore dans l'usine du Tilleul, à Maubeuge, où la Société de Vezin-Aulnoye montait, dans le courant de l'année 1900, un train permettant d'obtenir des barres de très grande longueur. Cette usine laminait déjà antérieurement, en acier, toute la série des poutrelles et des fers en ⊔ jusqu'à 0 m. 26 inclusivement, des larges plats de 0 m. 18 à 0 m. 67 et des cornières.

Usine de Trignac. — Les installations de laminage de l'usine de Trignac comprennent :

1° 1 train à rails et éclisses, prévu pour des profils pesant de 18 à 52 kilogrammes par mètre. Il se compose d'un blooming et d'un finisseur, actionnés chacun par une machine réversible compound de 2,000 chevaux, à condensation, et pouvant produire ensemble 300 tonnes de rails par 24 heures;

2° 1 gros mill, pour gros profilés, cornières et fers marchands, conduit par une machine verticale de 800 chevaux; il peut laminer 80 tonnes en 24 heures;

3° 1 moyen mill, avec dégrossisseur séparé, actionné, par courroie, par une machine horizontale de 400 chevaux; il peut produire, par 24 heures, 30 tonnes de profilés moyens, feuillards et fers marchands;

4° 1 petit mill, commandé directement par une machine horizontale de 350 chevaux et produisant, par 24 heures, 15 tonnes de petits fers, profilés, etc.;

5° 1 train duo à tôles minces (de 0 m. 001 à 0 m. 003), de 1 m. 50 de largeur, et 1 trio Lauth à tôles moyennes (de 0 m. 002 à 0 m. 010), commandés l'un et l'autre par une machine verticale de 600 chevaux et pouvant produire 60 tonnes par 24 heures:

6° 1 train universel à deux cylindres horizontaux et quatre cylindres verticaux, pouvant laminer des larges plats de 15 mètres de long sur 0 m. 25 à 0 m. 60 de largeur et 0 m. 010 d'épaisseur ou même davantage; 1 train à tôles fortes (0 m. 010 à 0 m. 040), de 2 m. 10 de largeur, actionnés par une machine horizontale à condensation, avec changement de marche à engrenages, mue hydrauliquement et pouvant produire 100 tonnes par 24 heures;

7° 1 train à grandes tôles pour construction maritime, pouvant laminer des plaques de 0 m. 010 et plus d'épaisseur, de 3 m. 75 de large et de 15 mètres de long; il sera conduit par une machine réversible de 7,500 chevaux, à condensation centrale. Quand il sera terminé, il pourra produire 200 tonnes par 24 heures.

Usine du Creusot. — La fabrication des laminés de toute nature a une très grande importance à l'usine du Creusot. Elle a été, depuis une dizaine d'années, l'objet de diverses améliorations portant sur son installation générale. La substitution des chaudières aquatubulaires aux anciennes chaudières placées à la suite des fours à réchauffer a augmenté la sécurité, tout en permettant de réaliser une économie notable de combustible. La vaporisation est actuellement de 4 kilog. 6 d'eau, au lieu de 3, par kilogramme de charbon brûlé.

D'autre part, la substitution de l'électricité à la vapeur pour la commande des appareils accessoires de laminage a été effectuée d'une manière presque complète.

En dehors de ces points accessoires, le laminage des fers marchands et des profilés est resté à peu près tel qu'il était en 1889, si ce n'est qu'un puissant blooming, avec manœuvres mécaniques, a été mis en service en 1890 et que le travail en trio a été appliqué à la fabrication de tous les profilés et même des ronds.

Italie. *Usine de Terni.* — Les installations de laminage de l'usine de Terni (Italie) comprennent 4 trains, destinés à la fabrication des barres diverses, des tôles et des blindages. Sauf pour le petit train, le réchauffage est fait au gaz de lignite, dans six fours Siemens, à l'alimentation desquels est affectée, en principe, une batterie de vingt gazogènes, c'est-à-dire de cinq groupes de quatre, un siphon Siemens desservant chaque groupe.

En fait, ces gazogènes ne forment avec ceux de l'aciérie Siemens-Martin qu'une seule batterie de quarante appareils identiques, déversant les gaz combustibles dans un grand collecteur commun, de 920 mètres cubes de capacité ($165^{m} \times 5^{m2}58$), sur lequel s'alimentent les fours Siemens-Martin, les fours à creusets et les fours à réchauffer. Avec une pareille disposition, il est impossible d'apprécier la consommation de chaque service.

1° Le train à rails et à grosses poutrelles est desservi par trois fours à réchauffer; deux d'entre eux reçoivent des charges de 16 tonnes, le troisième, des charges de 8 tonnes. Ces fours sont desservis par des défourneuses hydrauliques; on y passe généralement les lingots chauds. Le train comprend trois cages en trio, à cylindres de 0 m. 74 de diamètre : la manœuvre des barres se fait sur crochets suspendus à un releveur léger,

placé immédiatement au-dessous des fermes de la halle et soulevé par un piston hydraulique pour permettre le passage d'une rangée de cannelures à l'autre. La force motrice nécessaire est fournie par une turbine de 1,000 chevaux.

Les barres finies sont entraînées par un jeu de rouleaux, commandé par une turbine de 40 chevaux; elles sont amenées ainsi à deux scies circulaires à chaud, mues par deux turbines de 100 et de 40 chevaux. On peut, avec le gros train, obtenir des barres de 26 mètres qu'on débite à la scie en deux longueurs de 12 mètres, plus les chutes.

Les changements de cylindres se font au moyen d'une grue à chevalet de 12 tonnes, mue par l'air comprimé et circulant sur des rails placés de part et d'autre du train. Le nombre de cylindres de rechange est de 120, et leur poids de 637 tonnes. Le train peut produire, par 24 heures, 310 tonnes de rails pesant 36 kilogrammes par mètre.

2° Le train pour rails et profilés moyens est desservi par un four à gaz de 14 tonnes de capacité.

Il comprend trois cages en trio, à cylindres de 0 m. 50 de diamètre et est actionné par une turbine de 500 chevaux; la manœuvre et le débitage des barres s'y effectuent dans les mêmes conditions que pour le gros train. Il lamine ordinairement des barres rondes et carrées et des profilés moyens; sa production est de 55 tonnes par 24 heures. Ses cylindres de rechange sont au nombre de 133, pesant 335 tonnes; leur manœuvre est faite par la même grue qui dessert le gros train, les deux trains étant sur le même alignement.

Le dépôt des barres finies occupe une surface de 2,700 mètres carrés.

3° Le petit train comprend cinq cages, dont trois en trio et deux en duo; le diamètre des cylindres est de 0 m. 29. Il est mû par une turbine de 150 chevaux.

Le réchauffage des lingots se fait dans un four chauffé directement au charbon. Les barres laminées sont débitées à froid par deux cisailles mues par des turbines de 20 et de 15 chevaux.

C'est à ce train que l'on finit l'acier à outils, préalablement dégrossi par martelage.

Le train produit 32 tonnes par 24 heures. Il comporte 134 cylindres de rechange, pesant ensemble 50 tonnes.

4° Le train à tôles et plaques de blindage est desservi par deux fours à gaz, recevant des charges de 20 tonnes, poids limite des pièces qui peuvent être laminées par ce train. Les gros lingots sont chargés au moyen d'une pelle à col de cygne, d'un poids de 4,500 kilogrammes, suspendue à un pont roulant d'une force de 25 tonnes et d'une portée de 20 m. 96, qui peut parcourir la halle d'un bout à l'autre et servir à la manœuvre soit des cylindres, soit des pièces en cours d'élaboration.

Le train est un trio du type Lauth et Deby, construit par la maison Aug. Delattre et Cie, de Ferrières-la-Grande. Il comprend deux cylindres, supérieur et inférieur, de 0 m. 91 de diamètre (poids, 16,500 kilogr.), plus un cylindre moyen de 0 m. 60 (poids, 6,900 kilogr.); la longueur de table des cylindres est de 3 mètres. Il est conduit par une turbine de 1,000 chevaux et muni de deux releveurs à tablier, articulés et manœuvrés par des leviers actionnés par des cylindres hydrauliques. Les deux tabliers portent des

rouleaux tournant à volonté en sens inverse et mus par une turbine de 40 chevaux; la réversibilité est obtenue au moyen d'un embrayage à cônes de friction qui a donné d'excellents résultats. Les tôles sont rognées à froid par deux cisailles, l'une pouvant couper une épaisseur de 0 m. 025 sur 2 m. 10 de long, l'autre une épaisseur de 0 m. 050 sur 0 m. 65 de long; les turbines qui les conduisent ont des puissances de 40 et de 50 chevaux. Une petite cisaille, conduite par une turbine de 30 chevaux, débite les rognures. Deux bascules montées sur chariots, l'une de 10 tonnes, l'autre de 20 tonnes, servent à peser les tôles finies.

Avec ce train, on peut produire des tôles de 0 m. 004 à 0 m. 030 d'épaisseur, ayant jusqu'à 12 mètres de long et 2 m. 35 de large, ou des plaques de blindage ayant 0 m. 250 d'épaisseur sur 2 m. 60 de large. La production par 24 heures est de 80 tonnes pour la première fabrication, de 130 tonnes pour la seconde.

Les cylindres de rechange sont au nombre de 13 et leur poids est de 152 tonnes.

Usine de Savone. — Par suite de l'acquisition de l'usine de Savone, effectuée à la fin de l'année 1891, la Société de Terni possède un deuxième atelier de laminage, d'une importance supérieure à celle de son atelier primitif, puisqu'il ne comprend pas moins de 8 trains et de 16 fours à réchauffer.

Tous ces trains, sauf le laminoir à tôles minces, sont installés, avec leurs moteurs, en une rangée unique, sous une grande halle à quatre travées, couvrant une surface totale de 12,272 mètres carrés. Sur une rangée parallèle se trouvent les seize fours à réchauffer; du côté opposé, par rapport aux trains, est disposé l'outillage de parachèvement.

Les machines motrices sont à condensation; la vapeur d'échappement est reçue par deux condenseurs généraux, actionnés chacun par une machine de 50 chevaux.

Les fours à réchauffer sont tous munis de chauffes soufflées; le vent leur est fourni par trois ventilateurs Schiele conduits par une machine de 50 chevaux. Ces fours sont généralement munis de chaudières à flammes perdues, sauf ceux à sole inclinée qui servent au réchauffage méthodique des gros lingots.

L'alimentation des trains est assurée ordinairement au moyen de lingots de métal fondu; néanmoins, elle l'est parfois au moyen de paquets de ferraille. Un atelier de 40 mètres sur 16 mètres, contenant cinq cisailles mues par une machine de 30 chevaux, sert à opérer le paquetage. Les paquets d'un fort poids, destinés aux trains pour grosses tôles ou au train universel, sont soudés et dégrossis sous un marteau-pilon de 7 tonnes, avec levée de 2 m. 60. On traite parfois de la même manière les lingots, pour suppléer à l'absence de dégrossissage au blooming. La série des trains est la suivante :

1° *Gros train pour rails et poutrelles de 0 m. 220 à 0 m. 350 de hauteur.* — Ce train est composé de deux paires de cages en trio, avec cylindres de 1 m. 80 et de 2 m. 10 de table et de 0 m. 680 de diamètre; il est commandé directement par une machine de 1,200 chevaux, du type Woolf, à deux cylindres superposés, avec volant de 40 tonnes.

Les lingots sont réchauffés dans trois fours à sole inclinée, d'une longueur de 14 mètres pour deux d'entre eux et de 12 mètres pour le troisième. Le chargement est facilité par un releveur hydraulique à plan incliné, le défournement par un appareil également hydraulique. Deux des fours sont desservis par une cheminée commune ayant 25 mètres de hauteur et de 1 m. 65 de diamètre; le troisième l'est par une cheminée identique.

Les changements de cylindres se font au moyen d'une grue à chevalet de 10 tonnes; un pont roulant de 7 tonnes assure les réparations de la machine. L'eau d'arrosage, qui tend à s'accumuler dans la fosse du volant, est extraite par un pulsomètre de 5 chevaux.

Les lingots à laminer sont soulevés par un releveur à vapeur, de 5 chevaux; les barres finies sont conduites à la scie à chaud au moyen de rouleaux commandés hydrauliquement. Les barres coupées à longueur sont saisies par un appareil à levier, à commande également hydraulique, et relevées à un niveau supérieur où se trouve la plateforme de refroidissement et de rectification.

Les chutes de rails sont immédiatement débitées par une machine spéciale qui détache du patin l'âme du champignon.

La production maxima du gros train, par 24 heures, peut atteindre jusqu'à 150 tonnes de rails et 100 tonnes de poutrelles de 0 m. 250.

2° *Train double pour gros profilés.* — Ce train se décompose en deux groupes, l'un de trois paires de cages, l'autre de deux, placés de part et d'autre de la machine motrice. La machine est verticale, du type Woolf, à deux cylindres superposés; elle développe 750 chevaux et est munie d'un volant de 6 m. 50 de diamètre.

La première partie du train sert spécialement pour les gros profilés; elle comprend trois cages en trio, à cylindres de 1 m. 50 à 1 m. 60 de table et de 0 m. 550 de diamètre. La première paire de cages sert à l'ébauchage; elle est desservie par un releveur mécanique de la force de 5 chevaux, qui peut desservir en même temps une partie de la deuxième paire de cages. Les barres sortant du train circulent sur une série de rouleaux libres pour arriver à la scie, mue par une machine de 10 chevaux.

La deuxième partie du train se compose de deux paires de cages, en trio, sans ébaucheur. Elle est munie d'un jeu analogue de rouleaux et d'une scie conduite par une transmission à câble.

Le réchauffage des lingots est opéré dans deux fours à sole inclinée, de 8 mètres de longueur, avec tirage assuré par une cheminée en maçonnerie de 30 mètres de hauteur et de 1 m. 80 de diamètre.

La manœuvre des cylindres se fait avec une grue à chevalet de 5 tonnes; deux pulsomètres de 2 chevaux relèvent l'eau d'arrosage du fond de la fosse du volant.

La production journalière varie entre 30 et 60 tonnes quand on ne peut se servir que d'un seul four à réchauffer, entre 60 et 80 tonnes quand on lamine des profils relativement gros et qu'on se sert simultanément de deux fours à réchauffer.

3° *Train pour profilés moyens.* — Ce train est desservi par un grand four à réchauffer

ordinaire, avec chaudière verticale à retour de flammes. Il est à trois paires de cages en trio, plus une cage de cylindres unis, trempés, pour polir les plats minces, de 0 m. 002 à 0 m. 005 d'épaisseur. La machine motrice est à un seul cylindre, de 300 chevaux de puissance; son volant a 6 mètres de diamètre. Une grue à chevalet, de 5 tonnes, sert aux changements de cylindres. L'eau d'arrosage est relevée par une pompe de 3 chevaux; l'affranchissement des barres est assuré par une scie mue par une machine de 10 chevaux.

La production varie de 25 à 40 tonnes par 24 heures.

4° *Petit train.* — Il est desservi par trois fours à réchauffer, recevant des charges de 7, 6 et 5 tonnes. Le tirage de ces fours est assuré collectivement par une cheminée de 30 mètres de haut, commune avec les fours précédents. Avant d'arriver à cette cheminée, les gaz chauds circulent autour de chaudières à flammes perdues.

Le train se compose d'un ébaucheur et d'un finisseur, commandés, à des vitesses différentes et au moyen d'une transmission à câbles, par une machine verticale, à un seul cylindre, développant 200 chevaux. L'ébaucheur a une seule paire de cages, en trio, avec cylindres en acier, de 0 m. 350 de diamètre avec 1 m. 30 de table. Le finisseur comprend quatre paires de cages, dont les deux premières fonctionnent tantôt en trio, tantôt en duo, les deux dernières toujours en duo. La longueur de table est de 0 m. 610 pour les deux premières, de 0 m. 350 pour les deux dernières; le diamètre des cylindres est uniformément de 0 m. 240.

Une pompe de 2 chevaux tient à sec la fosse du volant.

Les lingots réchauffés sont amenés au train par une voie aérienne. L'affranchissement des barres se fait avec une cisaille à froid. Avec un seul four, ce train peut produire de 12 à 20 tonnes par 24 heures.

5° *Train-machine.* — Les billettes sont réchauffées dans deux fours du même type que ceux du train précédent.

Le train est actionné par une machine verticale de 500 chevaux. Il se compose d'un trio dégrossisseur, à cylindres de 0 m. 400 de diamètre et 1 m. 40 de table, et d'un train finisseur, parallèle au premier et séparé de lui par une distance de 10 mètres, comprenant sept cages en trio, à cylindres de 0 m. 250 de diamètre, de 0 m. 660 et de 0 m. 350 de longueur, tournant à 450 tours au maximum. Cette vitesse est obtenue au moyen d'une transmission formée de dix câbles, engagés dans des gorges en égal nombre qui sont ménagées sur la jante d'un volant de 30 tonnes et de 6 mètres de diamètre.

Les accessoires sont : un pulsomètre de 2 chevaux, pour relever l'eau de la fosse, une cisaille et un dévidoir.

La production, par 24 heures, est de 40 tonnes de fer machine, mais elle s'abaisse jusqu'à 8 tonnes pour les feuillards de petite dimension.

6° *Train à tôles.* — Ce train est groupé avec un train universel et desservi par une seule machine placée à une extrémité de la série de cages, du côté du train à tôles.

La machine, de la puissance de 700 chevaux, est verticale, à un seul cylindre; son volant a 8 mètres de diamètre.

L'ensemble des trains est desservi par trois grands fours à réchauffer, à chauffe soufflée, comme les précédents, avec chaudières utilisant les flammes perdues. Le tirage est assuré par une cheminée de 30 mètres de hauteur. Le défournement des lingots est effectué par un appareil hydraulique.

Le train à tôles comprend deux paires de cages, travaillant normalement en trio, suivant le système Lauth. La première paire de cages a des cylindres de 2 m. 10 de table; la seconde, de 1 m. 80; les diamètres sont, pour tous les deux, de 0 m. 650 et de 0 m. 440 (cylindre intermédiaire).

Lorsqu'on veut fabriquer des tôles striées, on monte en duo la paire de cages de 1 m. 80, avec des cylindres de 0 m. 600 à 0 m. 620 de diamètre, le supérieur étant strié; l'autre paire de cages sert à l'ébauchage.

Les releveurs sont articulés, munis de rouleaux et actionnés par un moteur à vapeur de 5 chevaux, par l'intermédiaire de balanciers et de bielles. Un chariot spécial, circulant sur une voie parallèle à l'axe des cylindres, sert à soutenir l'extrémité des tôles de grande longueur et à les faire passer, au besoin, d'une cage à l'autre lorsqu'on veut les strier. Un pulsomètre de 2 chevaux extrait l'eau de la fosse.

Il existe, en outre, une machine à rouleaux pour redresser les tôles, deux grands fours à recuire, pour tôles fortes et pour tôles minces, et deux cisailles à vapeur, mues par des machines de 14 et de 30 chevaux; cette dernière donne au besoin un trait de coupe de 4 mètres.

Cet outillage permet de laminer des tôles d'épaisseurs comprises entre 0 m. 0017 et 0 m. 030, sur une largeur maxima de 1 m. 75 et une longueur de 8 mètres. On peut, à la rigueur, descendre jusqu'à l'épaisseur de 0 m. 0015. Les tôles striées ont une épaisseur minima de 0 m. 0045 au haut des stries, avec des dimensions limites, en plan, de 1 m. 20 sur 5 mètres.

Les transports de tôles se font au moyen de voies aériennes; leur chargement sur wagons, au moyen d'une grue hydraulique de 2 tonnes.

7° *Train universel.* — Ce train a deux cylindres horizontaux, de 0 m. 580 de diamètre, et deux cylindres verticaux, de 0 m. 472 de diamètre sur 0 m. 545 de hauteur. Il est muni de deux releveurs, comme le train à tôles, et d'un chemin de fer aérien qui prolonge le releveur d'arrière de manière à faciliter le laminage des larges plats de grande longueur.

On a vu plus haut que, pour la préparation des grosses pièces, le soudage des paquets ou le dégrossissage des lingots peuvent être effectués avec un marteau-pilon pesant 7 tonnes et ayant 1 m. 60 de course.

Le train universel fabrique de larges plats de 0 m. 006 à 0 m. 030 d'épaisseur, de 0 m. 15 à 0 m. 50 de largeur et de 10 mètres de longueur, les deux dernières dimensions devant donner une surface maxima d'environ 3 m. q. 50.

La production mensuelle des deux trains réunis atteint 2,000 tonnes de produits finis, avec un maximum brut de 80 tonnes par jour pour les tôles fortes et un minimum de 15 tonnes pour les tôles minces.

8° *Train à tôles minces.* — Le travail en trio convient mal à la fabrication de cette catégorie de tôles; aussi a-t-on installé en 1898, pour cette fabrication, un train spécial formé de trois paires de cages en duo, qui est actionné par une machine de 450 chevaux et desservi par deux fours à réchauffer, dont un avec chaudière.

Il peut produire, par 24 heures, de 10 à 14 tonnes de tôles d'une épaisseur comprise entre 0 m. 0005 et 0 m. 002, et d'une dimension allant jusqu'à 3 mètres sur 1 m. 20

Russie. *Établissements Paul Demidoff.* — Les établissements Paul Demidoff ont fourni quelques détails intéressants sur leurs installations de laminage de tôles.

La fabrication des grosses tôles se pratique dans le groupe des usines Antonovski et Tchernoy. La première est à 16 kilomètres de Nijni-Taguil, qui lui fournit les largets en tôle Siemens-Martin; la deuxième est 4 kilomètres plus loin dans la même direction.

L'usine d'Antonovski possède deux trains de laminoirs conduits chacun par une turbine de 200 chevaux. Le premier train est réversible; des deux cages qui la composent, l'une sert de dégrossisseuse, l'autre de finisseuse. Ses cylindres ont 0 m. 70 de diamètre et 1 m. 35 de longueur de table. On y lamine des tôles ayant jusqu'à 0 m. 03 d'épaisseur.

Le deuxième train comprend d'abord une cage ayant des cylindres de mêmes dimensions que ceux de l'autre train; elle est affectée ordinairement au laminage de tôles moins épaisses, et, exceptionnellement, à celui de plaques en cuivre pour foyers de locomotives. La deuxième cage forme train universel et sert à laminer des larges plats, d'une largeur comprise entre 0 m. 15 et 0 m. 50.

L'usine comprend en outre quatre fours Siemens pour réchauffer les lingots, un four pour réchauffer les platines de cuivre, un autre pour les longues platines de fer, un four à recuire les tôles, des cisailles, des presses à dresser, etc. Elle peut produire facilement 350 tonnes par semaine.

L'usine de Tchernoy lamine plus spécialement les tôles moyennes; elle possède à cet effet deux trains conduits, l'un par une turbine de 100 chevaux, l'autre par une locomobile compound de 80 chevaux. On a commencé une installation destinée à y transporter électriquement une force de 80 chevaux empruntée à une chute d'eau située à 5 kilomètres de distance.

L'usine de Tchernoy possède en outre un marteau-pilon, avec installations annexes, pour forger les plaques en cuivre pour foyers.

FABRICATION DE LA TÔLE MINCE ET DU FER-BLANC.

Tôles minces. — La fabrication des tôles de toiture est une vieille spécialité des usines de l'Oural; elle a malheureusement l'inconvénient d'exiger une consommation très considérable de combustible végétal. Dans cette branche de la sidérurgie, de même que pour le puddlage et pour l'affinage au four Siemens-Martin, l'emploi de gazogènes disposés en vue de brûler des souches et des racines s'impose donc pour permettre de soutenir la production sans compromettre le bon aménagement des forêts.

Le type courant des tôles pour toitures a des dimensions de 1 m. 422 sur 0 m. 711, avec un poids variant de 3 kilogr. 22 à 4 kilogr. 82 au mètre carré, ce qui correspond à une épaisseur de 0 m. 00041 à 0 m. 00061.

Ces tôles sont caractérisées par leur surface foncée, mate et bien unie, constituée par une couche d'oxyde très mince, mais parfaitement adhérente.

La matière première employée était autrefois le fer puddlé, mais les lingots Siemens-Martin donnent des résultats au moins aussi satisfaisants, de même que pour la fabrication des fers marchands. On commence par étirer ces lingots sous la forme d'un large plat de 0 m. 152, avec une épaisseur environ décuple de celle de la tôle finie, c'est-à-dire de 4 à 6 millimètres. En découpant à la longueur de 0 m. 75, on obtient des largets que l'on réchauffe et que l'on engage, perpendiculairement à leur sens initial de laminage, entre des cylindres de 0 m. 45 à 0 m. 50 de diamètre et 0 m. 85 de longueur de table, actionnés par une machine de 60 à 80 chevaux.

Le travail de laminage se fait au rouge cerise; on passe d'abord un larget seul; puis on superpose trois largets dégrossis, en les séparant les uns des autres par du poussier de charbon, on les réchauffe et on les repasse au laminage; le finissage se fait, toujours avec les mêmes précautions, après un deuxième réchauffage et par paquets de quatre ou de cinq feuilles, suivant l'épaisseur définitive à obtenir.

Un train à une seule cage donne de 1,200 à 1,500 feuilles par vingt-quatre heures, un train à deux cages, de 2,000 à 2,200. Le personnel est le même dans les deux cas, mais il doit être plus actif et plus expérimenté pour conduire un train à deux cages.

Le produit du laminage, dit *fer rouge,* n'a pas encore les propriétés caractéristiques de la tôle de toiture : on les lui fait acquérir par deux recuits suivis chacun d'un martelage. On met les feuilles, grossièrement rognées, en paquets de 100 à 130, puis on introduit un de ces paquets dans un four dormant, où on le chauffe pendant quatre heures, en le soumettant à l'action d'une flamme fumeuse qui recouvre de suie toutes les feuilles. On retire le paquet et on lui donne 300 coups environ d'un marteau hydraulique, à large panne, pesant 640 kilogrammes; on nettoie ensuite chaque feuille avec un balai formé de rameaux de sapin frais humecté d'eau.

On reconstitue le paquet et on le recuit pendant deux heures; puis on lui fait subir un nouveau martelage d'une centaine de coups. On le décompose encore, sans

IMPRIMERIE NATIONALE.

lavage cette fois, et on le reconstitue en intercalant entre chaque feuille une tôle rognée, provenant de l'opération précédente; on recuit le paquet ainsi remanié et on le passe à un marteau à planer, pesant 960 kilogrammes et ayant une panne plus large encore que le précédent. On rogne les feuilles à leur dimension définitive et on les repasse, intercalées entre celles de la charge suivante, au four à recuire d'abord, au marteau à planer ensuite.

Les marteaux employés dans le travail de finissage absorbent chacun une force motrice de 10 chevaux. Une paire de ces marteaux est desservie par un four à recuire; les usines de Nijni-Taguil et de Verkhné-Salda possèdent chacune deux groupements semblables, avec quatre trains hydrauliques et un à vapeur pour la première, deux trains hydrauliques pour la seconde. Leur production totale a été de 4,147 tonnes de tôles de toiture en 1898.

La consommation de combustible est fort élevée; par tonne de tôles finies, elle est de 32 stères 4 de bois, quand on emploie comme matière première du fer puddlé, de 28 stères quand on part de lingots Siemens-Martin.

Fers-blancs. — On a vu plus haut dans quelles conditions l'usine de Hennebont (Morbihan) obtient sur sole basique des lingots destinés à la fabrication des fers noirs. Ces lingots sont réchauffés dans des fours à réverbère, suivis de chaudières tubulaires pour l'utilisation de flammes perdues. Chaque charge est de 8 ou 9 lingots, soit 3 tonnes en moyenne; on en fait jusqu'à 6 par poste. Les lingots réchauffés sont laminés, au moyen d'un train trio, en bidons ayant 0 m. 180 de largeur, avec un poids par mètre variant avec l'épaisseur des feuilles à obtenir, mais ne descendant pas au-dessous de 8 kilogr. 500. En sortant de la dernière cannelure du trio, les barres sont comprimées dans un spatard, immergées dans un bain d'eau froide, puis cisaillées à des longueurs précises, qui correspondent aux largeurs de tôles à fabriquer et sont réglées au moyen de guides.

Les bidons découpés sont réchauffés dans des fours à gaz, puis laminés dans les trains à fers noirs, suivant la formule ordinaire, c'est-à-dire par passes isolées d'abord, puis avec superposition de deux platines et enfin par pliages successifs de la double feuille dégrossie. Le travail se termine ordinairement à huit épaisseurs, quelquefois à douze, quand on veut obtenir des feuilles n'ayant que 0 m. 0002, ce qui est d'ailleurs assez rare. Ce travail implique un certain nombre de rognages à la cisaille et de décollements des feuilles, de réchauffages intermédiaires, etc. Quand les feuilles sont amenées à leur épaisseur définitive, on les rogne, on les décolle et on les soumet au décapage.

A Hennebont, c'est l'appareil Grey, à déplacement vertical, que l'on emploie de préférence pour cette dernière opération; on estime qu'il sépare mieux les feuilles et qu'il réduit la quantité d'acide à employer, en diminuant le volume du bain. L'acide provient d'une usine construite par la Société, il y a quelques années, à Hennebont même.

Les feuilles dérochées sont recuites dans des boîtes en tôle; on a essayé, pour la confection de ces boîtes, l'emploi de l'acier coulé, mais on y a renoncé à cause de la fréquence trop grande des soufflures.

Le recuit est opéré avec beaucoup de soin, car le chauffage dure douze heures et le refroidissement vingt-quatre heures dont douze en dehors du four, les boîtes restant fermées. On estime qu'en attendant moins longtemps avant d'ouvrir les boîtes, on s'exposerait à une oxydation superficielle appréciable.

Les feuilles sont recuites, redressées et polies par passage entre des cylindres glacés en fonte trempée, puis recuites une deuxième fois pour faire disparaître l'écrouissage produit par ce polissage. Elles sont ensuite décapées avec les appareils Grey, dans de l'acide sulfurique étendu d'eau à la densité de 9 degrés Baumé, lavées à grande eau, puis étamées immédiatement.

L'étamage se pratique à Hennebont au moyen d'appareils mécaniques, de systèmes divers, mais principalement du système Thomas-White. Ces divers appareils réalisent la série d'opérations que l'on pratiquait autrefois à la main : la feuille est d'abord humectée d'une solution de chlorure de zinc, immergée dans un bain d'étain fondu et laminée, pour ainsi dire, au fond du bain par une série de paires de cylindres qui la font sortir à travers une couche de graisse fondue ou d'huile de palme. Les feuilles sont ensuite dégraissées dans de la farine, en partie à la main, en partie mécaniquement, au moyen d'appareils de divers systèmes (Richard Thomas, Player-Mainwaring, Jones, etc.).

Avec son outillage composé de 19 trains de laminage à chaud, de 15 trains de laminage à froid et de 25 machines à étamer, les forges d'Hennebont ont une importance équivalente à celle des principales usines à fer-blanc du South-Wales et tiennent la tête de la fabrication française.

FABRICATION DES PLAQUES DE BLINDAGE.

La fabrication des plaques de blindage était une des spécialités les plus brillamment représentées à l'Exposition. Les diverses usines françaises se livrant à cette fabrication et l'usine italienne de Terni avaient présenté de nombreuses plaques ayant subi les essais de tir. Il est vrai qu'elles ne donnaient d'indications précises ni sur la composition du métal employé, ni sur les divers traitements qu'elles lui avaient fait subir, en dehors des opérations purement mécaniques. Cette insuffisance de renseignements nous oblige à nous limiter, dans notre étude, à des considérations générales sur les méthodes de fabrication, complétées par quelques détails sur l'outillage employé.

A tous égards, il convient d'établir une distinction bien nette entre les blindages de forte épaisseur, capables d'arrêter les projectiles venant les frapper sous un angle d'incidence considérable, et les plaques de pont, d'épaisseur plus faible, destinées à faire ricocher les projectiles qui, d'après la position qu'occupent ces plaques en service, ne peuvent guère les atteindre que sous un angle assez aigu.

A cette différence d'objet correspond une différence correspondante dans la nature du métal employé. Pour arrêter les projectiles, les blindages verticaux doivent avoir une dureté aussi grande que possible, à la surface du moins, tout en présentant une ductilité suffisante pour ne pas éclater en morceaux sous le choc. Ces deux qualités sont, dans une certaine mesure, incompatibles entre elles, et l'on est obligé de sacrifier plus ou moins l'une à l'autre. A l'origine, lorsque les projectiles employés n'avaient ni une dureté considérable, ni une grande puissance de pénétration, c'est la résistance au choc que l'on cherchait à faire prédominer aux dépens de la dureté superficielle. On employait le fer puddlé et on donnait aux plaques une épaisseur suffisante pour arrêter les projectiles, après enfoncement à une profondeur qui variait avec la vitesse au moment du choc.

L'augmentation de calibre et de vitesse des projectiles conduisit à augmenter progressivement les épaisseurs à un point tel que les conditions de navigabilité des bâtiments s'en trouvèrent compromises En même temps la substitution de projectiles en fonte trempée aux projectiles en fonte ordinaire ou en acier doux compliquait encore la solution du problème. Aussi fut-on amené, à partir de 1877, à employer un métal notablement plus dur qu'auparavant : l'usine du Creusot, entrée la première dans cette voie, eut recours à l'acier au carbone, en lui donnant la même composition sur toute l'épaisseur de la plaque; les autres usines préférèrent généralement adopter le système Wilson, comportant une paroi extérieure en acier relativement dur, soudée sur un sommier en fer qui lui servait de support et l'empêchait d'éclater en morceaux au moment du choc.

La substitution des projectiles en acier forgé et trempé aux projectiles en fonte dure vint encore une fois déranger l'équilibre qui s'était momentanément établi entre la puissance des moyens d'attaque et de défense. A l'Exposition de 1889, les projectiles en acier se présentaient avec un avantage marqué sur les plaques telles qu'on les fabriquait cou-

ramment à cette époque. Une augmentation de la résistance du métal employé s'imposait absolument : l'usine du Creusot introduisit dans ce métal une certaine quantité de nickel, de manière à augmenter sa dureté sans exagérer sa fragilité; un peu plus tard, l'usine de Saint-Chamond ajouta au nickel une certaine proportion de chrome. Ces additions augmentent très notablement les difficultés du travail mécanique, surtout pour les plaques épaisses; elles finissent par rendre le gabariage presque impossible quand la dureté devient trop considérable. Pour les plaques minces, au contraire, on peut arriver, par de pareilles additions, à augmenter de 20 p. 100 environ la résistance à la perforation.

L'augmentation de résistance des plaques épaisses est obtenue actuellement par un autre procédé, celui du durcissement superficiel qui, essayé d'abord par M. Tressider dans l'usine Brown, à Sheffield, a été rendu pratique par M. Harvey, aux États-Unis, vers 1891. Ce procédé s'est répandu progressivement dans la plupart des usines qui fabriquent des blindages; il consiste à chauffer, au contact de charbon de bois, la surface extérieure de la plaque qui a déjà subi l'opération du gabariage. Le chauffage s'opère à une température voisine de celle du point de fusion de la fonte et se prolonge pendant un temps qui dépend à la fois de la composition du métal traité et de l'épaisseur qu'on veut donner à la couche cémentée. Si cette épaisseur doit être de 0 m. 07 à 0 m. 08, chiffre usuel, la température de cémentation doit être soutenue pendant cinq jours environ quand la plaque brute ne contient pas, en proportion sensible, d'éléments autres que le carbone, pendant une période plus longue si cette plaque renferme du nickel. On laisse refroidir lentement, sous la couche de charbon, jusqu'à la température du rouge sombre.

La plaque refroidie est généralement plus ou moins déformée : on la réchauffe à une température permettant de lui faire subir un gabariage rectificatif, puis on la réchauffe de nouveau et on la trempe en arrosant d'eau froide la surface carburée. Cette surface acquiert une dureté considérable qui a l'avantage de provoquer la rupture des projectiles, mais qui présente, au point de vue de la fabrication, l'inconvénient de rendre toute retouche très difficile. Pour percer les trous de boulons, on doit recourir à un recuit local obtenu soit au moyen de l'électricité, soit par l'aluminothermie.

Le finissage ne peut être effectué qu'à la meule d'émeri et devient par suite un travail lent et coûteux.

Certaines usines forgent les plaques après cémentation, pour faire disparaître la structure grossièrement cristalline développée par un recuit prolongé à haute température.

D'autres, notamment l'usine Krupp, préfèrent cémenter la surface extérieure au moyen de gaz carburés, le gaz d'éclairage en général; elles font subir en outre aux plaques une série de trempes et de recuits combinés en vue de diminuer la tendance à la fissuration sous le choc des projectiles.

Pour la fabrication des plaques de faible épaisseur, telles que celles employées pour les masques d'affût, on emploie souvent des aciers à teneur relativement élevée en nickel et en chrome, qui ne pourraient se laminer pratiquement sous des épaisseurs un peu

fortes. On arrive ainsi à obtenir, sans cémentation superficielle, des résistances à la perforation dépassant d'un quart celle de l'acier ordinaire.

Pour les plaques de pont, les conditions à remplir sont très différentes : le résultat à obtenir est de faire ricocher, sans déchirure de la plaque, les projectiles arrivant sous un angle d'incidence faible; le métal constituant cette plaque doit donc présenter avant tout une très grande ductilité. Jusqu'en 1887, on employait exclusivement à cet usage du fer puddlé de qualité supérieure, ayant subi la trempe et le recuit, comme tous les blindages en fer. A cette date, la Compagnie de Châtillon-Commentry prit l'initiative de substituer à ce métal l'acier extra-doux et obtint ainsi une augmentation de résistance d'un cinquième. Toutes les autres usines ont effectué progressivement la même substitution.

Les essais des plaques de pont se font ordinairement au moyen d'une série de coups assez rapprochés pour que les empreintes soient presque tangentes; le métal employé doit être assez doux pour se refouler sur les bords sans déchirure aucune et pour s'emboutir, dans les mêmes conditions, sur la face opposée.

Les plaques de blindage sont obtenues ordinairement en partant de lingots qu'on lamine, au moyen de trains puissants, jusqu'à leur faire subir une forte réduction d'épaisseur. Les renseignements fournis ci-dessous sur l'outillage des diverses usines exposantes permettront de se rendre compte des dimensions des appareils employés et de la marche du travail. Le marteau-pilon, fréquemment utilisé à l'origine pour le dégrossissage, ne l'est pour ainsi dire plus aujourd'hui. Certaines usines s'en servent encore pour le gabariage, mais l'emploi de presses permet d'obtenir à la fois plus de rapidité et plus de précision dans le travail.

Il serait peut-être possible de supprimer complètement l'élaboration mécanique si les essais de fabrication par moulage, entrepris à Montluçon par la Compagnie de Châtillon-Commentry et Neuves-Maisons, aboutissaient à un résultat définitif. Cette Société exposait, en effet, une plaque d'essai, de 0 m. 200 d'épaisseur, surmontée de sa masselotte de coulée et traitée simplement par trempe et recuit, sans laminage. Après avoir reçu 5 projectiles de 0 m. 160 animés d'une vitesse de 355 mètres, elle ne présentait aucune fente; le refoulement du métal en bavures sur les bords des entonnoirs d'impact faisait d'ailleurs ressortir sa grande ductilité.

Laminage des blindages. — La puissance des trains employés pour le laminage des blindages est allée constamment en augmentant.

A l'Exposition de 1889, la Compagnie de Châtillon-Commentry avait présenté un laminoir qu'elle venait d'installer à son usine de Montluçon. Ce train, du type universel, était muni de cylindres horizontaux ayant 4 m. 20 de longueur totale et 3 m. 30 de longueur de table : le diamètre de ces cylindres était de 1 mètre et leur écartement maximum de 2 mètres. Les cylindres verticaux avaient 0 m. 50 de diamètre et 1 m. 30 de table.

Le train mis en marche en février 1900 à l'usine des Étaings (maison Marrel frères) est de dimensions peu différentes. Les cylindres horizontaux ont 1 m. 050 de diamètre et 3 m. 30 de table, avec une levée maxima de 1 m. 30 seulement. De part et d'autre se

trouve une paire de cylindres verticaux, de 0 m. 500 de diamètre et 1 m. 13 de table, avec un écart maximum de 3 m. 20.

Les deux autres usines françaises qui se livrent à la fabrication des blindages ont procédé également à la transformation de leurs installations de laminage, mais elles on profité de cette circonstance pour en augmenter considérablement la puissance.

La nouvelle installation montée à Saint-Chamond par la Compagnie des forges et aciéries de la marine et des chemins de fer, pour le laminage des blindages et des grosses tôles, est actionnée par une machine réversible de 8,000 chevaux, commandant d'un côté un train à blindages muni de cylindres de 4 mètres de table et de 1 m. 30 de diamètre et pouvant passer des lingots de 60 tonnes; de l'autre, un train à tôles ayant 3 m. 50 de table et pouvant passer des lingots de 10 tonnes. L'atelier est desservi par un pont roulant de 100 tonnes et par un de 50 tonnes.

Le traitement spécial des blindages occupe 5 fours à cémenter les plaques, 2 presses à gabarier, de 3,000 et 3,500 tonnes, avec 4 grands fours à réchauffer, des bâches à eau ou à huile pour tremper les blindages par immersion ou par aspersion et 4 fours à réchauffer, pour la trempe, enfin un ensemble de machines-outils combiné pour le finissage de 5,000 tonnes de blindages par an. Le tout est installé dans deux halles de 150 mètres de long, pourvues de 9 ponts roulants, de 50 et 60 tonnes de puissance.

Le Creusot est allé un peu plus loin encore dans la voie de l'accroissement de puissance de son outillage. Il possédait déjà un train à cylindres, de 0 m. 950 de diamètre et de 3 m. 50 de table, mis en service vers 1889, et desservi par un système de fours à réchauffer, munis d'appareils mécaniques pour l'enfournement et le défournement des lingots, de rouleaux entraîneurs, de ripeurs, etc. Cet outillage permettait la fabrication de blindages pesant jusqu'à 35,000 kilogrammes, ou de tôles ayant 2 mètres sur 20 avec une épaisseur de 0 m. 015 à 0 m. 020. La machine motrice du train pouvait développer 5,000 chevaux.

Cette installation puissante est aujourd'hui insuffisante pour assurer le laminage des tôles de grandes dimensions destinées à la construction des bâtiments de commerce ou des blindages de plus en plus durs que demande la marine de guerre. MM. Schneider et Cie se sont décidés à entreprendre la construction d'un nouveau train pouvant laminer des lingots de 60 à 80 tonnes ou fabriquer des tôles ayant les dimensions suivantes : *circulaires,* de 4 m. 10 de diamètre sur 0 m. 030 d'épaisseur; *rectangulaires,* de 4 mètres sur 20 mètres avec 0 m. 030 d'épaisseur, et de 2 m. 50 sur 40 mètres, avec 0 m. 020 d'épaisseur. Sous une halle de 140 mètres sur 85 m. 95 sera placé un train à deux cages, avec cylindres de 4 m. 250 de table et de 1 m. 200 de diamètre (poids : 43,200 kilogrammes); la levée de la cage ébaucheuse sera de 1 m. 200, celle de la cage finisseuse, de 0 m. 500. Le train sera conduit par une machine à deux cylindres de 1 m. 700 de diamètre et 1 m. 500 de course, à condensation, capable de développer 12,000 chevaux.

Les fours à réchauffer seront au nombre de 5, dont un destiné à égaliser la température des lingots venant de l'aciérie. Ils seront à grilles horizontales soufflées, avec décrassage mécanique par-dessous. Les deux fours destinés spécialement aux blindages per-

mettront de réchauffer ceux-ci simultanément sur les deux faces; le plus grand pourra recevoir des plaques de 4 m. 30 sur 4 m. 20. Ces fours seront munis de chaudières aquatubulaires, cette combinaison utilisant mieux le combustible que ne le ferait la disposition Siemens. Deux ponts électriques, l'un de 85 tonnes, l'autre de 15 tonnes, desserviront les fours, le train et, au besoin, un tour à cylindres ayant 9 mètres entre pointes.

Trois autres ponts roulants, également électriques, desserviront le reste de la tôlerie. Ils seront actionnés chacun par 3 moteurs réversibles, à vitesse variable. Le chantier de refroidissement, d'inspection et de traçage des tôles aura 32 m. 50 sur 85 m. 95; ses grandes dimensions permettront d'éviter les fausses manœuvres.

Dans le chantier de cisaillage, de recuit et de planage, toutes les opérations se feront au niveau du sol.

Les cisailles seront actionnées par des moteurs à vapeur réversibles; elles pourront trancher une épaisseur de 0 m. 050 d'acier à 55 kilogrammes de résistance. La plus grande pourra donner un trait de coupe de 4 m. 20, les deux autres, de 2 mètres. Ces dernières seront disposées de manière à débiter mécaniquement les rognures en petits tronçons, qui se chargeront automatiquement sur un wagonnet spécial. Cette combinaison, réalisée par des moyens propres à l'usine, présente un réel intérêt pour le cisaillage des très longues tôles. Les fours à recuire, au nombre de 2, comporteront une circulation de flamme sous la sole pour égaliser le recuit.

La machine à planer aura sa partie supérieure amovible; elle sera munie de rouleaux d'appui pour soutenir les rouleaux dresseurs et actionnée par un moteur électrique réversible, à vitesse variable, qui commandera en même temps les tables à rouleaux. Elle pourra planer des tôles de 4 m. 150 de largeur.

Le chargement sur wagons sera fait par deux des ponts électriques déjà mentionnés, ayant une puissance de 8 tonnes.

Pour fournir à la tôlerie la vapeur nécessaire, il a fallu prévoir 22 chaudières aquatubulaires, avec économiseur, outre les chaudières des fours à réchauffer; de plus, il a fallu augmenter de 250 kilowatts la puissance de la station centrale d'électricité et munir celle-ci d'un accumulateur.

Dans toutes les usines françaises, le laminage des blindages s'effectue au train réversible; à Terni, on emploie un trio du type Lauth et Deby, déjà décrit plus haut. On sait que ce train a 3 mètres de table, avec un diamètre de 0 m. 910 pour les gros cylindres et de 0 m. 600 pour le cylindre médian et qu'il est commandé par une turbine de 1,000 chevaux. Au moyen de cet outillage de puissance médiocre, l'usine de Terni arrive à obtenir, par un procédé de cémentation se rapprochant beaucoup du procédé Krupp, des plaques de résistance très satisfaisante, comme on pouvait en juger par les échantillons exposés.

Nous n'entreprendrons pas, d'ailleurs, d'apprécier ici la valeur des nombreux spécimens de plaques soumises aux essais de tir et exposées par les usines françaises ou étrangères. En l'absence de renseignements précis sur les procédés de traitement employés, nous ne pourrions faire autre chose qu'un exposé descriptif, qui serait sans intérêt au point de vue métallurgique, le seul concernant la Classe 64.

TRAVAIL DE GROSSE FORGE.

Les spécimens de grosses pièces de forge, obtenues soit au pilon, soit à la presse, étaient nombreux et des plus remarquables dans l'ensemble de la Classe 64 et surtout dans la section française de cette classe. On a pu s'en rendre compte au cours de la description des expositions présentées par les grandes usines. Néanmoins, on ne saurait contester que le développement considérable pris, depuis une dizaine d'années, par l'industrie du moulage d'acier, ne tende à limiter l'emploi du travail de forge à la fabrication des seules pièces pour lesquelles il est indispensable d'obtenir de hautes qualités de résistance ou d'allongement.

L'exécution de ce travail se répartit entre deux types distincts d'appareils, les pilons et les presses. Le marteau-pilon à vapeur a été, pendant un demi-siècle environ, l'unique instrument employé pour l'exécution des travaux de grosse forge, mais son emploi semble devoir se restreindre de plus en plus. Depuis 1889, on a renoncé à installer de ces grands pilons d'une centaine de tonnes, comme on en avait monté un certain nombre pendant la période d'une quinzaine d'années précédant cette date, ceux du Creusot et de Saint-Chamond notamment. L'usine des Étaings a terminé l'installation de ce genre déjà commencée en 1889. Les autres installations faites en France à une date plus récente, telles que celle des forges du Chambon-Feugerolles, faite vers 1894, et celle des forges de Douai, faite vers 1895, comprennent simplement des marteaux-pilons de 25 et 30 tonnes. On verra que l'usine du Chambon a réussi, grâce à des combinaisons ingénieuses, à forger de grosses pièces avec un appareil de puissance relativement faible. Mais, en général, ce sont les presses qui se répandent de plus en plus aujourd'hui dans les ateliers de forge et semblent devoir se substituer progressivement aux marteaux-pilons.

Cette tendance n'était pas de nature à multiplier les renseignements fournis par l'Exposition sur le mode de construction des grands marteaux-pilons. On trouvera ces renseignements un peu plus loin, joints à ceux concernant l'aménagement général des ateliers de forge.

L'Exposition ne fournissait pas beaucoup plus de données précises sur le fonctionnement comparé des divers types de presses à forger alimentées d'eau sous pression, soit directement, soit par l'intermédiaire d'accumulateurs, par des pompes commandées elles-mêmes par des machines à vapeur à rotation continue. On reproche aux appareils de ce système l'élévation de leur prix de premier établissement, la complication de leur fonctionnement et les risques d'avaries qui dérivent de cette complication même.

On pouvait voir, au contraire, dans la section allemande de la Classe 64, une presse de 1,200 tonnes, à action directe, exposée par la maison Breuer, Schumacher et Cie. L'exposition de cette maison comprenait également une cisaille à poutrelles fondée sur

l'application du même principe, celui de la multiplication, au moyen d'un piston différentiel, de l'effort développé par la vapeur.

C'est d'ailleurs à la construction des cisailles pour blooms et grosses tôles que la maion Breuer, Schumacher et Cie en fit l'application pour la première fois, en 1885. Quatre années plus tard, en 1889, elle l'utilisait pour la construction de presses à forger; depuis cette date jusqu'en 1900, elle a livré 440 de ces appareils.

Pour les puissances moyennes, la presse se compose d'un cylindre unique, à axe vertical, dont le piston plongeur peut exercer un effort de haut en bas sur une traverse horizontale, guidée par quatre colonnes et suspendue aux tiges de deux pistons à vapeur, à double effet. La traverse supporte en son milieu le tas, de forme variable, qui sert à effectuer le forgeage; le tas opposé est fixé sur le sommier inférieur, relié par les quatre colonnes verticales au sommier supérieur, sur lequel sont fixés le cylindre hydraulique et les deux cylindres à vapeur. Le tout constitue un ensemble compact, moins encombrant qu'un marteau-pilon de puissance équivalente, et ayant sur ce dernier appareil l'avantage de ne pas nécessiter de fondations importantes.

L'eau sous pression qui doit actionner le piston central de la presse est fournie par un cylindre vertical dans lequel monte un plongeur qui n'est autre chose que le prolongement de la tige d'un piston de fort diamètre, soulevé par la vapeur. Le rapport des pressions développées à l'intérieur des deux cylindres est, à l'état statique, en raison inverse des sections de ces cylindres; à l'état dynamique, il s'écarte peu de ce rapport quand on entretient l'appareil de manière à réduire les frottements au strict minimum. D'autre part, les pertes de charge dans la conduite hydraulique sont très faibles à cause du peu de longueur de cette conduite : l'appareil ne comporte aucune soupape pouvant donner lieu à des fuites; le travail développé sur le piston hydraulique est donc utilisé presque sans perte.

Inversement, il semble que l'énergie contenue dans la vapeur doive être utilisée d'une manière peu satisfaisante, puisque le travail s'effectue à pleine pression et sans détente. En fait, le rendement dynamique est sensiblement plus élevé que des considérations théoriques sommaires ne le feraient supposer. Des diagrammes relevés sur des presses en cours de fonctionnement montrent que, d'une part, la pression sous le piston à vapeur va en augmentant du commencement à la fin de chaque course, et, d'autre part, la pression moyenne va en augmentant d'une course à l'autre, à mesure que la pièce en travail se refroidit. Comme moyenne générale, la pression à l'intérieur du cylindre est bien inférieure à celle observée dans la chaudière; la chute, d'une capacité à l'autre, s'effectue, il est vrai, par étranglement de la soupape de distribution, mais, étant donnée la proportion d'eau qu'entraîne toujours la vapeur, cette détente imparfaite n'en permet pas moins de réaliser une certaine économie par rapport au travail à pleine pression.

Si l'on tient compte des résistances passives énormes qu'implique la compression effectuée au moyen de machines à piston et à volant, ainsi que des fuites inévitables avec les distributions hydrauliques à haute pression, on trouve que l'action directe sur un piston multiplicateur est encore le mode le plus avantageux d'emploi de la vapeur.

Ce système est d'ailleurs fort économique au point de vue des dépenses d'installation et très simple comme manœuvre. Pour conduire le travail, il suffit d'un levier unique pouvant occuper trois positions. Dans la première, la vapeur agit sur la face inférieure des deux pistons supportant la traverse; elle soulève celle-ci de la quantité nécessaire pour permettre la mise en place de la pièce à forger. Dans la deuxième, la vapeur s'échappe et la traverse redescend sous son propre poids; on peut, si l'on veut, accélérer sa descente en modifiant la distribution de manière à faire agir la vapeur sur les faces supérieures des pistons secondaires. Dans la troisième position du levier, on fait agir sur la face inférieure du piston multiplicateur la vapeur qui, agissant par l'intermédiaire de l'eau, comprime la pièce à forger. Au retour du levier dans sa première position, l'échappement du cylindre à vapeur s'ouvre et le piston redescend par son propre poids.

Ces divers phénomènes s'effectuent très rapidement quand la course à développer est faible; on peut donner de 40 à 70 coups par minute avec les presses du type courant; dans les conditions les plus défavorables, c'est-à-dire pour les presses puissantes et les fortes courses, ce nombre ne se réduit pas au-dessous de 20.

Pour les grandes puissances, la maison Breuer, Schumacher et Cie emploie 3 cylindres hydrauliques et 3 compresseurs différentiels pouvant agir soit simultanément, soit séparément, de manière à permettre le développement d'efforts variables. Dans le type de presse destiné a développer un effort de 10,000 tonnes, le sommier inférieur pèse 400 tonnes, le sommier supérieur, avec les 3 cylindres hydrauliques, 160 tonnes, les 4 colonnes reliant les deux sommiers, 160 tonnes également. Le poids de la traverse mobile est d'une centaine de tonnes.

La disposition à 3 cylindres est également employée pour les presses à emboutir, dont la puissance varie entre 300 et 2,000 tonnes. Un fond de chaudière de 2 m. 30 de diamètre, avec deux trous de 0 m. 900 de diamètre et une portée de manomètre, le tout élaboré par emboutissage, était exposé comme spécimen des résultats qu'on peut obtenir avec ces appareils.

L'ensemble de l'exposition de la maison Breuer, Schumacher et Cie a obtenu un grand prix. Nous reviendrons plus loin sur la cisaille à poutrelles qui en faisait partie.

Il n'existait dans le monde, en 1900, qu'une seule presse plus puissante que les deux presses de 10,000 tonnes montées par la maison Breuer, Schumacher et Cie, à Dillingen et à Obouchow. C'est celle de 14,000 tonnes, existant à South Bethlehem; elle comporte deux pistons hydrauliques seulement; l'eau sous pression lui est fournie par des pompes. Nous donnerons plus loin quelques détails sur ce puissant appareil.

Quel que soit l'appareil employé pour le forgeage, l'un des points essentiels pour la bonne exécution du travail est l'organisation des appareils de levage et de manutention en vue d'éviter toute perte de temps dans la manœuvre des lingots ou des pièces déjà ébauchées. A l'origine, on employait ordinairement à cet effet des grues, soit à col de cygne (le Creusot, les Étaings), soit à deux pivots (Saint-Chamond, Terni).

C. F. E.

Aujourd'hui, on préfère les ponts roulants, surtout depuis que l'emploi de moteurs électriques, devenu tout à fait usuel, a permis de simplifier beaucoup la transmission de l'énergie nécessaire pour effectuer les manœuvres. La disposition générale des divers appareils de levage comporte de nombreuses variantes, dont on trouvera quelques exemples ci-après.

Les mouvements de translation ou de levage une fois assurés, il faut prévoir, en outre, un dispositif permettant le virage, c'est-à-dire la rotation de la pièce autour de son axe. Il existe plusieurs dispositifs de ce genre, soit à mouvement partiel, soit à mouvement continu; on peut les appliquer aussi bien aux grues à axe vertical qu'aux ponts roulants.

EXEMPLES DE DISPOSITIONS D'ATELIERS DE GROSSE FORGE.

Usine du Creusot. — Dans l'atelier de grosse forge du Creusot, on emploie concurremment les marteaux-pilons et les presses.

Les marteaux-pilons y sont au nombre de 3, un de 20 tonnes, un de 40 tonnes et un de 100 tonnes; ils sont desservis par 10 ponts et 10 grues.

Le marteau de 100 tonnes a une course de 5 mètres; il est commandé par un cylindre à vapeur de 1 m. 90 de diamètre. Sa chabotte pèse 750 tonnes; elle est formée de sept assises en fonte, rabotées et assemblées entre elles par des agrafes posées à chaud. Le poids du bâti, du cylindre, etc., est de 450 tonnes.

Les fours à réchauffer sont au nombre de 4; ils sont munis de chaudières. Les manœuvres sont effectuées par 3 grues à vapeur, de 100 tonnes, et une de 150 tonnes. Le marteau-pilon de 100 tonnes du Creusot est le premier de cette puissance qui ait été construit; il a été mis en service le 23 septembre 1877. Les appareils analogues de construction plus récente ne sont pas sensiblement plus efficaces.

Les autres appareils de forgeage de l'atelier sont : une presse de 2,000 tonnes, montée en 1890; une presse de 3,000 tonnes, système Whitworth, montée en 1895, et une de 1,200 tonnes, du même type, mise en service tout récemment. Les presses Whitworth sont combinées spécialement en vue du forgeage sur mandrin ou du bigornage, genre de travail qui convient tout particulièrement aux lingots d'acier comprimé, ceux-ci étant destinés le plus souvent à la fabrication de pièces creuses, éléments de canons, arbres forés suivant l'axe, etc. On obtient ainsi, dans le sens transversal, une résistance plus grande qu'avec le forgeage ordinaire suivi d'un forage.

Le Creusot exposait des spécimens très remarquables de travail de forge sur mandrin, tels qu'un arbre porte-hélice à plateau, type Jeanne d'Arc, de 23 m. 44 de long, de 0 m. 580 de diamètre extérieur, 0 m. 300 de diamètre intérieur, pesant 38 tonnes; des tubes et corps de canons de 0 m. 305, pesant 18,150 et 22,570 kilogrammes; un tube à canon, de 0 m. 164, ayant seulement 0 m. 110 de diamètre intérieur; une juquette destinée à la presse de compression de l'acier liquide, ayant 2 mètres de hauteur, 2 m. 20 de diamètre extérieur et 1 m. 82 de diamètre intérieur, pesant 20 tonnes, etc.

Ces diverses pièces ont été tirées de lingots ronds, soit comprimés, soit non comprimés, et forgées sur mandrin à la presse de 3,000 tonnes.

On réserve aujourd'hui les gros pilons de 40 et de 100 tonnes à la fabrication des blindages; l'emploi de ces appareils tendra plutôt à se restreindre par suite de l'installation du nouveau laminoir destiné spécialement à cette fabrication.

Usine des Étaings. — L'installation des marteaux-pilons de l'usines des Étaings (maison Marrel frères) est la plus puissante qui existe actuellement en Europe; elle comprend 2 marteaux-pilons, l'un de 50, l'autre de 100 tonnes, dont les éléments caractéristiques sont les suivants :

		MARTEAU-PILON DE 50 TONNES.	MARTEAU-PILON DE 100 TONNES.
Diamètre du cylindre à vapeur		1^m 480	2^m 000
Hauteur de chute		3 750	5 600
Diamètre	de la tige du piston	0 265	0 370
	du piston distributeur	0 540	0 650
	du conduit d'arrivée de vapeur	0 250	0 350
	du ou des conduits d'échappement	0 250	0 350 0 350
Poids	de la masse mobile	50 tonnes	100 tonnes.
	de la chabotte	300	760
	des jambages	100	365
	du cylindre et des accessoires	50	115

La chabotte du pilon de 100 tonnes est indépendante. Elle est placée dans une fosse, entre les assises des jambages, sur un massif de bois de chêne reposant lui-même sur de la maçonnerie fondée sur le rocher.

Elle se décompose en quatre assises : une inférieure, formée de 3 morceaux de 90 tonnes; deux intermédiaires, chacune en deux morceaux de 90 tonnes, enfin une assise supérieure de 125 tonnes. Avec les frettes qui relient les divers éléments, l'ensemble pèse 760 tonnes.

Les deux jambages sont en deux pièces; ils sont portés par des sabots, solidement ancrés sur les massifs de fondation et entretoisés entre eux par de fortes pièces de fonte. Leur hauteur est de 10 m. 800 ; à mi-hauteur, ils sont entretoisés par d'épaisses plaques couvre-joints et reliés au sommet par un entablement en fer.

La distribution s'opère au moyen d'un tiroir cylindrique; l'échappement se fait par deux tuyaux de 0 m. 350 de diamètre. L'installation comprend 4 fours à réchauffer, avec chaudières verticales pour utiliser les flammes perdues. Deux d'entre eux sont placés à égale distance des deux pilons et peuvent facilement les desservir l'un et l'autre.

Le marteau-pilon de 50 tonnes est desservi par 2 grues à col de cygne, de 90 tonnes; celui de 100 tonnes l'est, d'un côté, par deux grues de même type, de 90 et de

180 tonnes, de l'autre, par un pont roulant de 120 tonnes. Les éléments caractéristiques des grues à col de cygne sont résumés ci-dessous :

		GRUE DE 90 TONNES.	GRUE DE 180 TONNES.
Portée..	minima	6m800	7m000
	maxima	8 200	10 000
Hauteur au-dessus du sol		7 600	9 700
Profondeur au-dessous du sol		—	8 600
Diamètre des cylindres à vapeur		0 300	0 325
Course du piston		—	0 350
Vitesse .	d'ascension par minute	0 480	0 450
	de rotation en trois minutes	1 tour.	1 tour.
	de translation par minute	0m500	0m400
	de virage en trois minutes	1 tour.	1 tour.

Le pont roulant de 120 tonnes a 15 m. 400 de portée et pèse 115 tonnes. Sa vitesse de translation est de 16 mètres par minute, celle de son chariot, de 11 mètres; sa vitesse d'ascension est de 3 m. 60 et sa vitesse de virage d'un tour par minute. Il est actionné par une chaudière de 40 mètres carrés de surface de chauffe et par une machine à deux cylindres, de 0 m. 300 de diamètre et de course égale.

Usine du Chambon-Feugerolles. — La Société Claudinon et Cie, au Chambon-Feugerolles (Loire), s'était limitée pendant longtemps à la fabrication des fers et aciers marchands, des petites pièces de forge, des ressorts de carrosserie et du matériel de chemins de fer. Elle avait 8 fours à puddler, 3 fours à cémenter, 3 fours Siemens à creusets, 1 four Siemens-Martin de 10 tonnes, 5 trains de laminoirs et des marteaux-pilons nombreux, mais d'une puissance de 8 tonnes au maximum.

En 1893, ses gérants, MM. Édouard Michot et Georges Claudinon, décidèrent de remanier l'installation pour l'approprier à la fabrication des grosses pièces de forge, avec le moins de frais possible. Les éléments essentiels devaient être un marteau-pilon de 25 tonnes, de 3 m. 60 de course, et deux fours Siemens-Martin traitant des charges de 15 à 20 tonnes. Il fallait réduire les dépenses considérables qu'aurait nécessitées la construction de deux grues, de 40 tonnes au moins, pour desservir le marteau-pilon, si l'on avait suivi les traditions admises.

La solution adoptée est très satisfaisante. Le marteau-pilon et les deux fours Siemens-Martin ont été installés du même côté d'une halle de 16 m. 40 de portée et de 60 mètres de long, desservie par un pont roulant de 40 tonnes. La fosse de coulée des lingots est placée dans cette halle devant les fours Siemens-Martin. D'autre part, les deux fours à réchauffer, avec chaudières à flammes perdues, qui servent à amener les lingots à la température de forgeage, sont placés de part et d'autre du pilon, sur le même côté de la halle principale.

Le pont roulant peut servir à effectuer à volonté ou les manœuvres de coulée, ou celles

de forgeage. Dans ce dernier cas, le pont, après avoir retiré le lingot du four, vient se placer dans l'axe du pilon, pour y rester pendant tout le travail. Le treuil se déplace seul pour amener le lingot sur la panne de l'enclume; sa chaîne est placée à l'avant, de manière à pouvoir venir au contact de la poutre de roulement, amenant le point de suspension du lingot très près de l'axe du pilon. On peut forger ainsi des lingots très courts; de plus, la fatigue du pont se trouve réduite au minimum.

La chaîne de suspension est actionnée par un vireur mécanique recevant son mouvement d'un arbre télescopique : cette disposition permet de faire tourner les lingots rapidement, avec peu de personnel, et de forger les grands arbres par une série de coups appliqués en hélice et non en ligne droite.

Le machiniste est placé dans une cabine à l'extrémité opposée au pilon; il n'est donc pas gêné par la chaleur ou la fumée et se rend parfaitement compte des manœuvres qu'il doit effectuer.

Pour faciliter ces manœuvres, on a établi à l'arrière du pilon, dans une petite halle spéciale, un deuxième pont, fixe, placé dans l'axe du pilon à une hauteur au-dessus du sol notablement moindre que celle du pont roulant (8 m. 73 en dessous de la poutre).

Le pont fixe est parcouru par un chariot ayant la même vitesse de translation (10 mètres par minute) et la même vitesse de levage (0 m. 75 à 1 m. 25 par minute) que celui du pont roulant, mais prévu pour une charge de 60 tonnes au lieu de 40. On peut s'en servir pour soutenir la pièce par les deux extrémités ou même pour la supporter complètement et rendre libre le pont roulant. Celui-ci, d'ailleurs, est disponible pendant le réchauffage et peut desservir, non seulement la fosse de coulée, mais même une presse qu'on installerait à côté du pilon. On s'en sert actuellement pour les manœuvres de l'atelier de moulages d'acier.

On prévoit l'installation d'un deuxième pont roulant pour ce dernier service : deux fours Siemens-Martin ont été installés à côté des deux premiers et contribueront à alimenter cette branche de fabrication.

Un atelier ainsi organisé pouvait évidemment fabriquer, dans de bonnes conditions économiques, des pièces de dimensions moyennes telles que projectiles, tubes et frettes pour canons de petits et de moyens calibres, mais il était délicat d'y entreprendre, avec des moyens relativement limités, des pièces aussi importantes que des corps de canon de 0 m. 305, pesant 14 tonnes à l'état fini.

Les circonstances amenèrent cependant, en janvier 1896, la maison Claudinon et Cie à accepter une semblable commande. Pour l'exécuter, on dut d'abord couler, avec des précautions spéciales, un lingot tronconique ayant 3 m. 135 de hauteur totale, 1 m. 57 de diamètre à la base et 1 m. 40 au haut. Son poids était de 40 tonnes; il représentait le maximum que pouvaient fournir les deux fours Siemens-Martin dont l'usine disposait. On mit le lingot sur galets, puis on lui enleva 28 p. 100 de son poids en tête, 4 p. 100 en pied; enfin, on y fora un trou de 0 m. 240 de diamètre suivant l'axe. On le réchauffa, après l'avoir réduit ainsi à 2 m. 10 de hauteur, et on enfonça dans son trou central un poinçon tronconique ayant 1 m. 300 de hauteur avec 0 m. 750 et 0 m. 200

de diamètre aux bases. On opéra exactement de la même manière dans le sens opposé; puis, après une troisième chaude, on rendit le trou cylindrique en y faisant passer, toujours au moyen du pilon de 25 tonnes, trois mandrins cylindriques de faible hauteur ayant 0 m. 500, 0 m. 600 et 0 m. 700 de diamètre. On procéda enfin au forgeage entre étampes sur mandrin, suivant la formule ordinaire. On a pu obtenir ainsi, avec un faible outillage et en partant d'un lingot de 40 tonnes au lieu de 65, une pièce donnant aux essais des résultats plutôt supérieurs à ceux que donnent les pièces forgées pleines. C'est une nouvelle preuve des avantages que présente le travail sur mandrin.

L'exposition de la maison Claudinon et Cie contenait le modèle au dixième de la halle de forgeage décrite ci-dessus et des phases du travail du corps de canon de 0 m. 305. On y voyait également d'intéressants spécimens d'obus en acier chromé, neufs ou ayant été tirés, des éléments de canons, des essieux de chemins de fer, etc.

La Société Claudinon et Cie a obtenu une médaille d'or.

Forges de Douai. — La Société anonyme des Forges de Douai a été fondée en 1894 par MM. Pierre et Antoine Arbel, en vue de la fabrication des pièces de forge et du travail d'emboutissage; son usine a été mise en marche le 27 janvier 1896.

La halle principale de cette usine renferme 9 marteaux-pilons, dont le plus puissant a un poids de 30 tonnes et une course de 3 m. 80 ; sa chabotte pèse 165 tonnes. Il est desservi par deux ponts roulants électriques de 25 et 45 tonnes.

L'emboutissage s'exécute au moyen d'une presse de 350 tonnes de puissance, ayant un plateau de 3 m. 10 entre colonnes; elle est desservie par un pont électrique de 6 tonnes. Le travail est effectué par trois pistons inférieurs et par un piston supérieur de décrochage. On va porter à 400 tonnes la puissance d'une seconde presse développant actuellement un effort de 100 tonnes et monter une nouvelle presse de 1,000 tonnes, ayant 4 mètres d'ouverture entre colonnes. L'eau est fournie aux presses, sous une pression de 105 kilogrammes par centimètre carré, par un accumulateur à guidage central, d'une capacité de 250 litres, alimenté lui-même par des pompes à trois corps actionnées électriquement.

L'ajustage occupe une surface de 1,750 mètres carrés; sa nef centrale est desservie par un pont roulant électrique de 30 tonnes; une de ses nefs latérales l'est par une grue électrique monorail, de 6 tonnes.

Son outillage est très puissant et comprend notamment un tour double Ducommun pouvant tourner des pièces de 20 tonnes, et ayant 20 mètres de long; une foreuse de 46 mètres de long, etc.

Une station électrique actionne tous les petits moteurs et une distribution d'air comprimé permet l'emploi des appareils pneumatiques, tels que burins, etc.

La production de l'usine de Douai a été, en 1899, de 3,500 tonnes de pièces de forge, dont 6,000 essieux, et de 1,500 tonnes de pièces embouties.

Les Forges de Douai peuvent livrer des arbres pleins ou forés, ayant de 15 à 20 mètres de long, avec un poids de 20 à 25 tonnes; leur exposition en présentait un spécimen de

15 mètres de long, pesant 16 tonnes (arbre porte-hélice du paquebot *la Navarre*, de la Compagnie transatlantique). L'arbre, à un seul coude, destiné à un des paquebots-poste de la Compagnie du Nord, pesant 7 tonnes avec une longueur de coude de 1 m. 850 et foré suivant tous ses axes, était également une pièce fort intéressante par la grande difficulté de son exécution; il a été tiré d'un lingot de 40 tonnes provenant de l'usine de Saint-Chamond.

Un autre arbre à un seul coude, de 9,000 kilogrammes, un arbre à trois coudes pour un torpilleur portugais, des essieux coudés de locomotives et de wagons représentaient encore la catégorie des pièces de forge; dans celle des pièces embouties figuraient des fonds de chaudières, soit plats, soit bombés, ayant jusqu'à 2 m. 80 de diamètre, des fonds de bouilleurs, des godets de dragues et d'excavateurs, des longerons de locomotives et de wagons, des brides en fer embouti, dont l'angle vif est obtenu au moyen d'un contre-emboutissage, etc. Le tout, monté sur un portique de 13 mètres de hauteur et de 14 mètres de largeur extérieure, formait un ensemble très décoratif à l'entrée de l'exposition de la Classe 64.

La présence de l'administrateur délégué des Forges de Douai dans le Jury de la Classe 64 mettait la Société hors concours.

Italie. *Usine de Terni.* — L'outillage de grosse forge de l'Usine de Terni est assez complexe : il comprend un gros marteau-pilon de 100 tonnes; 3 marteaux-pilons de 15, 10 et 7 tonnes; 1 presse de 6,000 tonnes, 1 de 2,000 tonnes, plus 2 petites presses de 400 et de 300 tonnes affectées spécialement à la fabrication des projectiles.

Le groupe des marteaux-pilons de 7, 10 et 15 tonnes ne présente aucune particularité intéressante. Il sert à forger les éléments de canons jusqu'au calibre de 0 m. 152, les projectiles, les essieux de chemins de fer, les bandages, etc.

Le grand marteau-pilon est installé sous une halle octogone, de 54 mètres de diamètre et d'une hauteur de 45 mètres jusqu'au lanterneau central. Il occupe le centre de la halle; son bâti a la forme d'un grand chevalement à quatre montants inclinés. Les manœuvres sont effectuées au moyen de deux ponts roulants à mouvement circulaire, s'appuyant, par un pivot central, au milieu de la traverse supérieure du bâti du pilon et supportés à l'extrémité opposée par un bâti formé de deux montants convergents, qui roulent sur une voie ferrée circulaire, ayant 43 mètres de diamètre moyen. Ces trois mouvements de rotation autour d'un axe vertical coïncidant avec celui du marteau-pilon, de translation radiale et de soulèvement sont obtenus au moyen de moteurs à air comprimé. La puissance d'un des ponts roulants est de 100 tonnes; celle de l'autre, de 150.

Le réchauffage des pièces s'effectue dans quatre fours Siemens dont l'axe longitudinal occupe en plan une position radiale. Chacun d'eux est desservi par un groupe de quatre gazogène ; ses dimensions permettent le réchauffage de pièces de 75 tonnes. Les portes de ces fours sont manœuvrées par des grues hydrauliques.

Les fondations du marteau-pilon sont indépendantes de celles de sa chabotte. Celle-ci repose sur un massif carré de 6 m. 60 de côté, tandis que le marteau lui-même est

IMPRIMERIE NATIONALE.

supporté par deux massifs indépendants, de forme rectangulaire, qui ont chacun 5 mètres de largeur. L'intervalle entre ces deux massifs et la chabotte est rempli de pièces de chêne équarries.

Tout ce système repose sur une couche de sable pliocène, tellement dure par elle-même, qu'il a été impossible d'y enfoncer des pieux. La fondation de la chabotte se compose :

1° D'une couche de béton de 2 m. 40 de hauteur ;

2° De trois assises de pierres de taille, en grès réfractaire, destinées à protéger le béton contre la chaleur dégagée par la fonte liquide qui allait servir à former la masse de la chabotte ;

3° D'une assise de 0 m. 25 de maçonnerie réfractaire ;

4° D'une plaque de fonte épaisse de 0 m. 15 et pesant 41 tonnes, coulée directement sur place.

Sur cette plaque on construisit une nouvelle assise en maçonnerie réfractaire de 0 m. 60 d'épaisseur; on l'entoura d'un moule, également en maçonnerie réfractaire, et l'on coula à l'intérieur les 1,000 tonnes de fonte qui devaient constituer la chabotte. La coulée fut effectuée en deux fois, les 14 et 17 septembre 1885 ; ce ne fut que six mois après que le refroidissement de la masse fut assez avancé pour permettre la démolition des parois extérieures du moule et l'achèvement des fondations du pilon lui-même.

Les fondations des montants sont beaucoup moins compliquées que celles de la chabotte ; elles se composent simplement de deux massifs de maçonnerie venant affleurer le sol d'usine et de deux plaques en fonte de 85 tonnes chacune, posées sur ces massifs. Ces plaques supportent les quatre poutres creuses en fer qui forment les montants du bâti, dont la hauteur totale est de 18 mètres. Le cylindre du marteau-pilon a 1 m. 920 de diamètre et 6 m. 150 de hauteur. La course maxima du piston est de 5 mètres : étant donné que la masse mobile représente 108 tonnes, cette course correspond à un travail de 540,000 kilogrammètres.

L'ouverture des montants du bâti est de 8 mètres au niveau du sol ; la hauteur de la traverse inférieure est de 3 m. 80 ; on peut donc forger des pièces très volumineuses telles que des tourelles de 2 m. 80 de diamètre et de 2 mètres de hauteur.

L'ensemble des matrices, mandrins, etc., formant l'outillage accessoire du grand marteau-pilon représente un poids de 1,100 tonnes.

Des deux grandes presses que possède l'usine de Terni, l'une, celle de 6,000 tonnes, sert exclusivement au gabariage ; l'autre, de 2,000 tonnes, est employée couramment au travail de forge. Son bâti se compose de deux traverses reliées entre elles par quatre tirants ; le cylindre hydraulique, de 0 m. 685 de diamètre, est supporté par la traverse supérieure que l'on peut déplacer au moyen de deux pistons latéraux de 0 m. 195 de diamètre, actionnés par de l'eau comprimée à 18 atmosphères seulement; le déplacement possible de la traverse est de 1 m. 20 ; la course du piston principal, de 0 m. 950. L'enclume supportée par la traverse inférieure peut être déplacée horizontalement au moyen d'un système de pistons hydrauliques actionnés par de l'eau à 18 atmosphères.

L'eau à haute pression est fournie par une pompe quadruple actionnée par une machine à air comprimé dont les deux pistons ont 1 m. 067 de diamètre avec une course égale. Sur la conduite est intercalé un accumulateur triple dont les trois pistons ont 0 m. 279 de diamètre et 3 m. 658 de course et supportent ensemble une charge de 350 tonnes. Suivant que l'on fait fonctionner un, deux ou trois de ces pistons, on obtient des pressions de 165, 330 et 500 atmosphères dans la conduite, ce qui correspond à des efforts de 660, 1,320 et 2,000 tonnes.

La presse est desservie par deux fours Siemens, analogues à ceux adjoints au grand marteau-pilon, et par deux ponts roulants de 75 tonnes chacun; son outillage d'enclumes, étampes, etc., représente un poids total de 365 tonnes. On peut y forger, par exemple, des ronds de 1 mètre de diamètre et de 6 m. 50 de longueur, alors qu'au marteau-pilon on en forge de 1 m. 20 de diamètre sur 5 mètres de longueur. La puissance du premier appareil n'est donc pas de beaucoup inférieure à celle du deuxième.

La presse à gabarier, de 6,000 tonnes, présente une disposition générale un peu plus simple que celle qui vient d'être décrite. Ses deux traverses principales sont fixes; entre elles se déplace une traverse mobile, du poids de 52 tonnes, actionnée par deux pistons hydrauliques de 0 m. 870 de diamètre et de 1 m. 200 de course. Elle est relevée par deux chaînes de Galle, commandées par deux cylindres hydrauliques. Le tas en fonte sur lequel on effectue le gabariage peut se déplacer sur la traverse inférieure, sous l'action de deux autres cylindres hydrauliques.

L'eau est fournie à ces divers cylindres de manœuvre, sous une pression de 68 atmosphères, par un accumulateur, alimenté lui-même par des pompes mues par une turbine de 140 chevaux. La même conduite sert à effectuer le remplissage des cylindres principaux. Au cours du travail de gabariage, l'eau est fournie à ces derniers cylindres par un autre jeu de pompes, actionnées par une turbine de 200 chevaux. La pression dépend de l'effort à développer; elle est limitée à 500 atmosphères par l'action d'une soupape de sûreté.

Le réchauffage des plaques s'effectue dans deux fours à sole mobile; les manœuvres se font au moyen de deux ponts roulants de 65 tonnes chacun. On arrive à cintrer, avec cette presse, des plaques de 0 m. 450 d'épaisseur.

Pour donner une courbure cylindrique aux plaques de faible épaisseur et aux tôles, on emploie une machine spéciale dont les cylindres ont 0 m. 330 de diamètre et 3 m. 500 de longueur; cette machine est mue par une turbine de 40 chevaux.

La presse de 400 tonnes est horizontale, celle de 200 tonnes, verticale; toutes les deux sont actionnées par de l'eau comprimée à 130 atmosphères, fournie par une pompe à 8 pistons conduite par une turbine de 100 chevaux; un accumulateur dont le piston a 0 m. 350 de diamètre et 4 mètres de course est intercalé dans la conduite. Les mouvements de retour sont assurés par des pistons actionnés par de l'eau à 18 atmosphères. Ces deux presses servent spécialement à la fabrication des projectiles; elles sont desservies par trois fours, dont un est disposé de manière à chauffer seulement le culot des ébauchés, de manière à en permettre le sertissage.

ÉTATS-UNIS. *Usine de South Bethlehem.* — L'usine de South Bethlehem (Pensylvanie) possède, pour la fabrication des pièces de forge, un outillage d'une puissance exceptionnelle, comprenant notamment un marteau-pilon de 125 tonnes et une presse de 14,000 tonnes.

Le marteau-pilon a un cylindre à vapeur de 1 m. 930 de diamètre et de 6 mètres de course. Le poids de 125 tonnes correspond à l'ensemble de la masse principale, de la tige et du piston; le poids de la chabotte est de 2,150 tonnes. La hauteur totale de l'appareil est de 21 m. 34, l'écartement des montants, de 11 m. 58.

La presse dite de 14,000 tonnes, du type Whitworth un peu modifié, est actionnée par deux pistons supérieurs de 1 m. 270 de diamètre, sur lesquels l'eau peut agir sous une pression de 492 kilogrammes par centimètre carré; on obtient, dans ces conditions, un effort total de 12,500 tonnes métriques. Les montants qui supportent le sommier supérieur sont espacés de 4 m. 42; la course de la traverse est de 2 m. 53. Cette presse, installée dans l'axe de la halle, est desservie par deux ponts roulants de 180 tonnes, dont le mécanisme de roulement est à commande pneumatique et le mécanisme de soulèvement, de 3 mètres d'amplitude, à commande hydraulique. Ces ponts roulants se déplacent perpendiculairement à l'axe de la halle et non longitudinalement. Quatre fours, placés aux extrémités des voies de roulement des ponts, assurent le réchauffage des lingots.

L'eau sous pression nécessaire pour le fonctionnement de cette presse est fournie par une machine verticale, à trois cylindres, commandant par courroies trois jeux de pompes. La puissance de cette machine est de 15,000 chevaux.

L'usine possède, en outre, une presse de 5,000 tonnes et une de 2,500 tonnes, du type Whitworth, alimentées par des machines du même type que celle de 14,000. La presse de 5,000 tonnes est desservie par deux grues hydrauliques de 100 tonnes et un pont roulant électrique de 75 tonnes; on s'en sert couramment pour forger sur mandrin des lingots de 20 à 21 tonnes pour la fabrication des corps de canons de 0 m. 305. Ces lingots ont été préalablement comprimés à l'état liquide, et forés suivant l'axe; la machine employée à ce dernier travail peut saisir des lingots de 1 m. 52 de diamètre et forer des trous atteignant 0 m. 508 d'ouverture.

La presse de 14,000 tonnes sert principalement à l'élaboration des plaques de blindage. On fait subir au lingot un étirage considérable; ainsi, pour obtenir une plaque pesant 28 tonnes à l'état fini, on part d'un lingot de 125 tonnes, ayant à sa base 1 m. 20 sur 3 m. 15, avec une hauteur de 5 m. 89, y compris une masselotte de section réduite. En général, le déchet est moindre que dans ce cas particulier; on l'estime à 60 p. 100 du poids du lingot, en moyenne.

La presse à gabarier peut développer un effort de 7,000 tonnes; elle est munie de deux cylindres à commande indépendante. Le réchauffage préalable est effectué dans deux fours à sole mobile sur rails; les manœuvres sont assurées par deux grues hydrauliques de 75 tonnes.

L'atelier de trempe à l'huile est desservi par un pont roulant de 60 tonnes et une grue à col de cygne de 40 tonnes.

FABRICATION DES BANDAGES.

Nous avons dit que l'Exposition ne fournissait que des indications d'intérêt secondaire au sujet de cette fabrication, bien que les spécimens de produits finis fussent très nombreux dans la Classe 64.

La Société Deiber, Grondard et Cie, à Alfortville (Seine), joint à sa fabrication courante de fer marchand la spécialité des bandages sans soudures pour véhicules ordinaires. La formule brevetée par MM. Deiber, Grondard et Cie consiste à pratiquer dans une grosse barre un certain nombre de fentes longitudinales équidistantes, puis à sectionner la barre au milieu de l'intervalle séparant deux fentes. Chaque section formera l'élément initial de la fabrication d'un bandage; on ouvre la fente par mandrinage à chaud; puis, après avoir obtenu ainsi une ébauche sensiblement circulaire, on l'amène, au moyen d'un laminoir à bandages, à sa dimension définitive qui peut être obtenue à un millimètre près. L'usine d'Alfortville peut produire ainsi, par journée de 12 heures, environ 200 bandages de type uniforme ou 180 de types variés; cette fabrication représente pour elle 700 à 800 tonnes par an. Les spécimens exposés étaient de dimensions très diverses et d'une grande régularité; ils ont largement contribué à faire attribuer une médaille d'or à la maison Deiber, Grondard et Cie.

Au Creusot, l'outillage de fabrication des bandages se compose d'un pilon de 10 tonnes, de 2 pilons de 8 tonnes, de 2 trains ébaucheurs, de 1 train finisseur, de 2 fours à réchauffer et de 2 fours à recuire, à sole tournante.

Ces derniers appareils constituent une innovation intéressante apportée à l'ancienne formule de réchauffage. Leur sole est circulaire et animée d'un mouvement lent de rotation autour de son axe. On empile à sa surface les bandages par piles de 6 à 10; le mouvement de rotation expose successivement toute la suface extérieure de chaque pile à l'action de la flamme, de manière à assurer au recuit une parfaite régularité.

FABRICATION DES TUBES ET DES PIÈCES EMBOUTIES.

La fabrication des tubes en fer, soudé ou fondu, est une industrie dont l'importance tend à augmenter constamment; elle était représentée à l'Exposition d'une manière satisfaisante, surtout dans la section française, où figuraient cinq établissements s'occupant exclusivement de cette spécialité. C'étaient, pour les tubes soudés, la maison Henri Rouart, de Montluçon, et la Société française pour la fabrication des tubes, à Louvroil (Nord); pour les tubes sans soudure, la maison Brunon et Valette et la Société métallurgique de Montbard; enfin, pour les tubes de toute nature et les pièces embouties les plus variées, la Société anonyme d'Escaut et Meuse.

A côté de ces établissements nettement spécialisés, certaines grandes sociétés sidérurgiques, la Compagnie de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons, par exemple, fabriquent des tubes d'acier sans soudure; d'autre part, la même fabrication s'effectue, concurremment avec celle des tubes analogues en cuivre ou en laiton, dans les usines de la Compagnie française des métaux et de la Société de Biache-Saint-Waast, qui seront décrites dans un chapitre distinct.

Dans les sections étrangères, l'usine de Lembecq (Belgique) et la Société pour la fabrication des tubes de Sosnovice (Russie) étaient les seuls représentants de l'industrie des tubes.

La maison Henri Rouart (ancienne maison Mignon, Rouart et Delinières) a été réellement la première à pratiquer en France, sur une échelle importante, la fabrication des tubes soudés par recouvrement; jusque-là, on n'avait produit dans ce pays que des tubes soudés par rapprochement, suivant la méthode brevetée par Whitehouse en 1825. La soudure, sur mandrin, de bandes préalablement entaillées sur leurs bords de manière à donner au joint une certaine obliquité, était pratiquée en Angleterre, depuis 1842, par la maison Russell, de Wednesbury : elle avait été introduite dans quelques usines françaises, mais celles-ci ne fournissaient encore, vers 1862, que des produits imparfaits, représentant un faible tonnage. A cette époque, MM. Mignon et Rouart ayant besoin, pour la construction de machines à glace du système Carré, de tubes en fer résistant à des pressions élevées, essayèrent inutilement de s'en procurer en France; n'ayant pu y réussir, ils se décidèrent à fabriquer ces tubes eux-mêmes. Associés à M. Delinières, ils créèrent l'usine de Montluçon que M. Henri Rouart exploite aujourd'hui.

Cette usine dispose d'une surface totale de 55,000 mètres carrés, dont 10,000 couverts, et d'une force motrice de 250 chevaux; elle occupe de 400 à 500 ouvriers. Sa production annuelle est de 2,000 à 2,200 tonnes; elle pourrait être doublée. Elle comprend deux divisions : celle des tubes soudés par simple rapprochement, servant à tous les usages qui n'impliquent pas la résistance à des pressions élevées ou à des efforts de choc ou de torsion : celle des tubes soudés à recouvrement, pour générateurs de vapeur, conduites de vapeur et d'air comprimé, etc. L'usine peut faire subir à ces

divers tubes toutes les transformations nécessaires pour les adapter à un usage déterminé; elle exécute en outre toutes les pièces accessoires, brides, tubulures, manchons, écrous, raccords, etc., dont l'emploi s'impose dans la pratique. Les grands serpentins d'une seule pièce y sont également de fabrication courante. Son exposition montrait des spécimens de ces divers objets, notamment un serpentin de grande longueur, et un bossoir pour la marine militaire, obtenu par enroulement partiel d'un tube conique. On y voyait aussi des échantillons de tubes présentant une section en croissant, destinée à augmenter la surface de chauffe des faisceaux tubulaires. M. Henri Rouart a obtenu une médaille d'or.

La même récompense a été attribuée à la Société française pour la fabrication des tubes, à Louvroil (Nord). L'usine de cette Société est de création beaucoup plus récente que celle de Montluçon, car elle remonte à 1890 seulement. Établie sur un terrain de 3 hectares, elle possède 6 machines à vapeur développant ensemble 650 chevaux et dispose d'un outillage très perfectionné, pouvant produire 10,000 tonnes par an, avec un personnel de 600 ouvriers. Les fabrications de l'usine de Louvroil sont les mêmes que celles de Montluçon; seulement elles s'étendent jusqu'à des dimensions plus fortes. C'est ainsi que l'usine a pu, en 1897 et 1900, livrer à la Compagnie des Omnibus de Paris 985 tonnes de tubes, dont 50,793 mètres essayés à la pression de 80 kilogrammes par centimètre carré, par longueurs de 19 m. 50 sans raccord. Cette usine fabrique annuellement un millier de poteaux tubulaires tronconiques, de 9 et de 14 mètres de hauteur, pour les compagnies de tramways. Elle exposait, outre les produits ci-dessus, des tubes spéciaux pour chaudières (tubes à cloisons intérieures et tubes étoilés), des pistons d'ascenseur, des bouteilles en acier pour transport des gaz comprimés, des serpentins ayant 100 et même 120 mètres de longueur; des tubes droits ayant jusqu'à 0 m. 45 de diamètre et 15 mètres de long, etc.

La maison Brunon et Valette (antérieurement Brunon frères)avait pour objet principal, il y a une trentaine d'années, la fabrication des roues de chemins de fer soudées mécaniquement, suivant un système breveté par elle en 1870. Elle continue à exploiter cette spécialité; dans son exposition figurait un modèle nouveau caractérisé par un remplissage en bois inséré à la presse hydraulique entre les rais en fer. Cette roue aurait, paraît-il, les mêmes avantages que les roues à disque en bois, d'un usage fréquent sur les réseaux anglais, avantages consistant en une faible sonorité et une tendance peu accentuée à soulever la poussière. Mais la fabrication du matériel pour voies ferrées, représentée également par un système spécial d'attache de voie sur traverses métalliques et par quelques modèles de tampons, n'a plus qu'une importance secondaire pour la maison Brunon et Valette qui tend de plus en plus, au contraire, à développer ses travaux d'emboutissage. Elle s'est engagée dans cette voie dès 1877, époque à laquelle M. Barthélemy Brunon avait pris la gestion des affaires, mais surtout à partir de 1884, date du commencement de la fabrication des obus à grande capacité. Pour cette fabrication, on employait alors comme matière première un disque en tôle d'acier que l'on emboutissait progressivement, en six passes, de manière à obtenir un

tube fermé à une de ses extrémités. Les passes successives d'étirage ont pu, par la suite, être réunies en une seule opération, grâce à l'emploi de deux mandrins emboîtés l'un dans l'autre, qui se développent à mesure que l'emboutissage progresse et se replient automatiquement lorsqu'il est terminé. Ces deux mandrins, par leur développement successif, obligent le disque à s'emboutir en passant à travers deux bagues de diamètre décroissant, placées l'une derrière l'autre. La méthode s'applique à la production d'ébauches de tubes sans soudure, jusqu'au poids de 750 kilogrammes.

L'étirage à la dimension définitive s'effectue ensuite par laminage sur mandrin. Le laminoir employé est muni de deux paires de cylindres à gorge, comprimant le tube dans deux plans rectangulaires : le profil des gorges est étudié de manière à provoquer l'étirage dans un sens oblique à l'axe, ce qui facilite d'ailleurs l'enlèvement du mandrin après étirage. Le serrage des deux paires de cylindres s'effectue simultanément de quantités égales.

Le finissage se fait comme à l'ordinaire, par tréfilage à froid sur olive ou sur mandrin.

L'outillage de la maison Brunon et Valette permet de produire des tubes de tous diamètres entre 0 m. 006 et 0 m. 600.

Depuis quelque temps il se manifeste une tendance marquée dans le sens de l'augmentation d'épaisseur des tubes et surtout de celle des projectiles dont la fabrication forme une des spécialités de l'établissement. Pour y satisfaire, MM. Brunon et Valette ont installé un nouveau procédé dans lequel l'élément initial est un bloc cylindrique de métal que l'on déforme par compression au pilon et à la presse, dans une matrice, de manière à donner à ce bloc la forme extérieure d'un tronc de cône. Puis, en une seule chaude, on lui fait prendre, par matriçage à la presse, d'abord la forme d'un tronc de cône creux et enfin celle d'un tube fermé à une de ses extrémités. L'opération donne, pour le vide intérieur, un calibrage assez exact pour n'exiger aucun travail mécanique; la paroi extérieure, au contraire, doit être tournée quand on veut obtenir ainsi des obus à grande capacité. Dans ce cas et dans celui de la fabrication des réservoirs à gaz comprimés, on referme par sertissage l'extrémité restée ouverte.

L'introduction de ces nouvelles méthodes de fabrication a permis de réduire la consommation de main-d'œuvre de 60 p. 100 dans le cas de la fabrication des tubes sans soudure ou des réservoirs, de 30 p. 100 dans le cas des projectiles.

La maison Brunon et Valette fabrique en outre des pièces embouties fort variées, telles que flasques d'affûts, trous d'homme pour chaudières, etc. De semblables pièces figuraient dans son exposition avec des tubes de dimensions diverses, des récipients à gaz comprimés, etc.

Elle a obtenu une médaille d'or.

La Société métallurgique de Montbard (ancienne Société française de fabrication de corps creux) a été fondée spécialement en vue de l'application du procédé Ehrhardt à la fabrication des tubes sans soudures, des réservoirs à gaz comprimés, etc.

Le procédé Ehrhardt emploie comme élément initial un bloom carré, obtenu par

laminage. Ce bloom, préalablement chauffé à haute température, est placé dans une matrice cylindrique en acier, où il doit entrer avec un faible jeu : on y enfonce, suivant l'axe, un poinçon légèrement conique dont la section maxima est égale à la somme des sections des quatre segments circulaires compris entre le périmètre de la matrice et celui du bloom. Le refoulement de la matrice dans l'étendue de ces segments s'effectue sans difficulté : on a pu percer ainsi, à travers une pièce de 2 m. 80 de long un trou n'ayant que 0 m. 055 de diamètre. Le procédé s'applique non seulement au fer fondu, mais aussi à l'acier dur et à l'acier au nickel.

Les barres, livrées à grande longueur par les aciéries, sont débitées à Montbard au moyen de 24 scies circulaires à froid, 2 scies à ruban, 2 scies universelles et 2 scies à chaud; cet outillage peut fournir 30 tonnes par jour.

L'atelier de fabrication est installé sous une halle de 200 mètres de long et de 42 m. 50 de portée. Il contient d'abord les presses destinées à la production des ébauchés; ce sont : une presse verticale à percer, de 450 tonnes et de 1 m. 20 de course; sept presses verticales à percer, de 180 tonnes et de 1 mètre de course; une presse horizontale à percer, de 180 tonnes et de 3 m. 50 de course; une grande presse horizontale double, de 400 tonnes et de 3 m. 50 de course; une grande presse horizontale, de 250 tonnes et de 8 mètres de course; enfin une presse horizontale double, de 180 tonnes et de 2 m. 50 de course.

Les renflements, refoulements et sertissages sont obtenus au moyen de quatre presses spéciales, dont une de 200 tonnes.

L'atelier d'étirage à chaud possède, outre deux machines à excentrique servant à percer les blocs de petites dimensions, huit bancs de poussage à chaud, deux machines à forger, quatre pilons à ressort et deux scies à chaud.

L'atelier d'étirage à froid comprend onze bancs à chaîne sans fin dont deux pouvant développer un effort de 40 tonnes, six fours à recuire et un décapage, avec six séries de bacs.

L'eau comprimée nécessaire pour le fonctionnement de l'atelier des presses est obtenue au moyen de quatre machines Corliss de 300 chevaux chacune, couplées deux à deux et actionnant des pompes. Elle est emmagasinée dans deux accumulateurs, formés de trois cylindres chacun, avec une disposition assurant automatiquement la suspension ou la reprise de leur alimentation. Chaque cylindre peut emmagasiner 1 mètre cube d'eau comprimée, sous des pressions de 130, 175 ou 200 kilogrammes par centimètre carré, suivant les circonstances.

Les ateliers de l'usine, autres que celui des presses, sont actionnés électriquement. La station centrale comprend deux machines Corliss, de 300 chevaux chacune, actionnant par courroie des dynamos qui fournissent l'énergie électrique à 110 et 330 volts. Une machine de 120 chevaux, à grande vitesse, installée dans la même salle, assure l'éclairage à 110 volts.

L'usine de Montbard comprend en outre un atelier mécanique très important, contenant notamment 50 tours à projectiles, 5 machines pour l'usinage des bouteilles,

25 tours affectés à l'entretien, etc.; une installation d'essais hydrauliques, sous des pressions atteignant 500 atmosphères; un atelier de trempe et de recuit, une fonderie, etc. La surface est de 14 hectares, dont 2 de surface couverte; son personnel est de 700 à 750 ouvriers; elle utilise 2,500 chevaux de force motrice, et consomme annuellement 6,000 tonnes d'acier. Son exposition comprenait des tubes de dimensions variées, droits ou coniques, des récipients à gaz, des projectiles, etc. La Société métallurgique de Montbard se trouvait placée hors concours par la présence d'un de ses administrateurs dans un des jurys de l'Exposition.

L'usine d'Anzin, appartenant à la Société d'Escaut et Meuse, est de beaucoup la plus importante de celles qui, en France, fabriquent des tubes et des pièces embouties. Elle a déjà fait l'objet d'une description générale; il ne nous reste donc à nous occuper que de ses ateliers spéciaux.

Pour la fabrication des tubes soudés à rapprochement, l'usine emploie comme matière première de larges plats en fer soudé qu'elle achète aux usines voisines. L'outillage comprend 1 four à souder, avec chaudière pour utiliser les flammes perdues, 2 bancs à étirer à chaîne Galle, 1 foyer pour souder les tiges, 1 banc d'épreuves hydrauliques et 15 machines-outils pour couper et tarauder les tubes, etc.

La Société d'Escaut et Meuse a eu d'abord pour objet unique la production des tubes soudés à recouvrement: elle a obtenu, dans cette spécialité, des résultats très remarquables.

La première opération de cette fabrication consiste à tailler obliquement, sur leurs deux bords, les larges plats servant de point de départ, de manière à éviter toute surépaisseur dans le recouvrement. Ce résultat est obtenu au moyen de bancs à tirer, entraînant la tôle et la faisant mordre par des outils fixes. Le cintrage des bandes chanfreinées s'effectue en enroulant d'abord une extrémité à la main, après réchauffage sur 0 m. 50 de long environ, puis réchauffant dans un four ayant au moins la longueur maxima des bandes (7 mètres à l'usine d'Anzin), et faisant passer celles-ci dans une filière conique, au moyen d'un banc à tirer. Pour effectuer la soudure, on réchauffe les ébauchés dans des fours étroits et allongés comme les précédents, mais disposés de manière à permettre un chauffage au blanc au lieu du rouge cerise. A Anzin, sur quatre fours en service, deux sont simplement munis de chauffes Bicheroux; les deux autres sont chauffés par huit brûleurs à gaz, répartis sur toute la longueur et réglables indépendamment les uns des autres. Les gaz employés proviennent de gazogènes distillateurs à injection d'eau sous la grille, alimentés avec des houilles demi-grasses; ils tiennent seulement 1 à 2 p. 100 d'acide carbonique, avec moins de 2 p. 100 d'oxygène libre et 10 à 12 p. 100 d'hydrogène. L'air secondaire est réchauffé à 1,100 degrés environ dans un récupérateur à circulation continue. La Société attribue, pour une partie notable, la perfection du soudage de ses tubes à la régularité du réchauffage dans ses fours.

Le soudage s'effectue, sur mandrin court maintenu par une tige rigide, au moyen d'une paire de cylindres très courts, à gorge, placés tout près de la porte de travail du four; sur les quatre trains de soudage existant à Anzin, deux sont à cylindres de 0 m. 850 et deux à cylindres de 0 m. 650 de diamètre.

Un étirage à chaud, opéré à la filière, régularise le diamètre extérieur du tube.

L'outillage de cette division comprend 2 machines de 120 et de 150 chevaux, 3 bancs de chanfreinage, 2 fours pour premier réchauffage, 2 bancs à tirer pour enroulement des tôles, 1 marteau-pilon de 750 kilogrammes à double effet, 4 fours à souder, 4 laminoirs à souder, 4 bancs à chaîne Galle pour étirage à chaud et 32 machines-outils diverses. Il permet d'obtenir les diamètres allant jusqu'à 0 m. 375; au delà il est préférable de pratiquer la soudure au chalumeau. La Société fabrique, par le procédé de la soudure à recouvrement, une quantité importante de tubes Serve, à ailettes intérieures. Son exposition présentait, outre des spécimens de ces derniers tubes, des tubes de 6 m. 20 de longueur, de 0 m. 350 de diamètre et de 0 m. 008 d'épaisseur; des pistons d'ascenseur, de 0 m. 400 de diamètre; des poteaux en trois tronçons, de 10 mètres de hauteur avec 0 m. 205 de diamètre à la base, etc.

La Société d'Escaut et Meuse s'était bornée, à l'origine, à fabriquer les tubes soudés, mais, en présence du développement de la demande de tubes sans soudure, elle se décida à installer cette dernière fabrication. Elle a entrepris, à cet effet, de longues études pour rendre pratiques certains procédés nouveaux et a obtenu ainsi des résultats fort intéressants.

Dans le système qu'elle a adopté, la fabrication des tubes sans soudure se divise en deux phases : la production d'ébauchés, courts et épais, soit par le procédé Mannesmann, soit par le procédé Robertson, puis l'étirage de ces ébauchés par laminage sur mandrin, au moyen du laminoir Mannesmann, dit *à pas de pèlerin*.

Le principe du laminage hélicoïdal des zones superficielles d'une barre cylindrique, en vue d'obtenir une ébauche creuse, a été breveté par les frères Mannesmann, dès 1885, et a été appliqué par eux sous des formes très variées. Son application industrielle est restée très limitée, à cause de l'énorme consommation d'énergie qu'elle nécessite. La Société d'Escaut et Meuse n'a recours à ce procédé que pour la préparation d'ébauches destinées à la fabrication de tubes de faible diamètre, jusqu'à 0 m. 100 ou 0 m. 120; elle arrête l'opération au moment où l'ébauche, de longueur modérée, a encore une épaisseur de 0 m. 015 à 0 m. 040. Or, pour cette application restreinte du système Mannesmann, il a fallu employer une machine à vapeur de 850 chevaux et un laminoir pesant 150 tonnes, sans compter ses transmissions, qui représentent un poids de 34 tonnes.

Le procédé Robertson, un peu plus récent que le précédent, puisque le premier brevet pris par son inventeur remonte à 1888 seulement, permet d'obtenir des ébauchés plus économiquement. Comme le procédé Ehrhardt, il a pour caractère essentiel le perçage, au moyen d'un poinçon, d'un bloc solide contenu dans une matrice, mais ici le bloc est de section circulaire et remplit exactement la matrice. La pénétration du poinçon s'effectue non plus par expansion latérale de la matière dans un espace libre, mais par refoulement de cette matière en sens inverse du mouvement du poinçon. Pour empêcher le bloc en cours de perçage d'être entraîné par ce dernier organe, on ferme le fond de la matrice au moyen d'une plaque mince en acier, qui,

dans le système primitif, était engagée froide en avant du bloc à percer, chauffé à haute température, et venait s'appuyer par ses bords sur l'extrémité d'une bague dont le diamètre intérieur était un peu supérieur au diamètre extérieur du poinçon. Celui-ci, vers la fin de sa course, emboutissait plus ou moins la plaque; on évitait ainsi les accidents par rupture ou flexion auxquels aurait donné lieu son contact avec un fond fixe. En revenant en arrière, il laissait en place l'ébauché qu'on refoulait ensuite hors de la matrice au moyen d'eau sous pression.

Il est probable que cette dernière phase de l'opération ne s'effectuait pas avec une régularité parfaite, car la Société d'Escaut et Meuse préfère placer la plaque en acier non plus au contact du bloc à percer, mais bien entre deux bagues entrant sans jeu sensible dans la matrice cylindrique et ayant un diamètre intérieur un peu supérieur à celui du mandrin. Celle de ces bagues qui est en contact avec le bloc à percer est remplie par un cylindre en acier glissant à frottement assez doux et présentant du côté extérieur une cavité dans laquelle vient se loger la tête du mandrin à fond de course. Refoulé par le mandrin, ce cylindre cisaille la plaque qui l'avait immobilisé jusque-là. Après avoir fait reculer le mandrin, on introduit, comme dans la variante initiale, de l'eau sous pression en arrière du fond mobile formé par le système des bagues et du cylindre central et on expulse ainsi l'ébauche.

Au point de vue mécanique, l'application du système Robertson a été faite par la Société d'Escaut et Meuse dans des conditions intéressantes. Non seulement le poinçon est mobile, mais la matrice l'est également : ce déplacement est obtenu dans les deux sens au moyen de pistons hydrauliques. Au lieu de recourir, pour la fourniture de l'eau comprimée, à des accumulateurs alimentés par des pompes à mouvement continu, système qui nécessite une distribution effectuée au moyen de soupapes, organes difficiles à maintenir étanches sous de très hautes pressions, on a relié directement les cylindres de refoulement du mandrin et de la matrice à deux cylindres de compression et les cylindres de rappel de ces deux appareils à deux autres cylindres de compression de plus petit diamètre; un autre cylindre, placé entre ces deux derniers, fournit l'eau qui sert à expulser l'ébauché de la matrice. On a ainsi cinq cylindres formant deux groupes opposés; les pistons de ces deux groupes se meuvent en sens inverse les uns des autres et sont reliés par une forte crémaillère portant sur chaque face une double rangée de dents en chevrons qui est attaquée simultanément sur chaque face par deux pignons. Les pignons sont conduits par une machine réversible, à deux cylindres munis d'une distribution Corliss et pouvant développer 1,200 chevaux : une cage à pignons intermédiaire assure la concordance des actions sur la crémaillère. Il suffit de renverser la marche de la machine pour opérer alternativement le perçage du bloc d'abord, puis le recul du poinçon et du mandrin, avec expulsion de l'ébauche.

La pression développée dans les cylindres hydrauliques atteint 300 à 350 atmosphères en travail normal et jusqu'à 500 atmosphères pour la fabrication de gros ébauchés. L'eau qui circule dans le système des presses a été préalablement filtrée pour atténuer l'usure des garnitures.

L'appareil ainsi constitué est beaucoup moins massif que le train Mannesmann, car il ne pèse en tout que 154,400 kilogrammes dont 75,500 pour la machine à vapeur, tandis que l'autre pèse 278,000 kilogrammes. Il produit, par 10 heures, de 25 à 30 tonnes d'ébauchés creux de dimensions moyennes.

Il convient de rappeler que sa création est due en réalité à la Société d'Escaut et Meuse qui avait reçu le procédé Robertson fort incomplètement étudié au point de vue pratique.

L'installation comprend, outre la presse à ébauches qui vient d'être décrite, 2 grands fours à réchauffer de 10 mètres de long, munis chacun d'une chaudière de 75 mètres carrés de surface de chauffe; 2 fours secondaires et 2 fours de forge; 3 pilons à vapeur, à double effet, de 1,000 et 1,500 kilogrammes; 1 pont électrique de 8 tonnes; 1 scie circulaire à vapeur; 10 tours spéciaux pour écroûter les ébauches et tourner certains emboutis; enfin 1 locomobile de 25 chevaux. Elle sert non seulement à obtenir des ébauches pour tubes sans soudure, mais aussi pour préparer des pièces embouties de toute nature, telles que réservoirs à gaz comprimés, obus, tubes à canons, arbres creux, etc.

Il semble que ce soit par le procédé Robertson qu'aient été obtenues les remarquables ébauches ayant, par exemple, 2 m. 60 de long, avec 0 m. 160 de diamètre et 0 m. 030 d'épaisseur, ou 1 m. 450 de long, avec 0 m. 310 de diamètre et 0 m. 040 d'épaisseur, qui figuraient dans l'exposition de la Société d'Escaut et Meuse.

L'étirage des ébauchés s'effectue, à l'usine d'Anzin, sur mandrin long, au moyen d'un laminoir spécial imaginé par M. Max Mannesmann et connu sous le nom de laminoir à pas de pèlerin. Cet appareil procède par une série d'étirages partiels opérés, sur une longueur limitée de l'ébauche, par un laminoir à cannelures de profondeur variable. La pièce est enfilée sur un mandrin en acier poussé en avant par un puissant ressort à boudin qui tend à l'engager entre les cylindres : elle pénètre ainsi dans la partie profonde de la cannelure, sans résistance sensible de la part des cylindres dont le sens de rotation est dirigé cependant en sens inverse. Mais, dès que la région peu profonde de la cannelure entre en prise, l'ébauche est comprimée sur le mandrin et celui-ci est refoulé en arrière. L'augmentation périodique de profondeur de la cannelure permet ensuite au ressort de pousser de nouveau le mandrin en avant, jusqu'au moment où la partie épaisse de l'ébauché bute contre une lunette placée au delà des cylindres. Ceux-ci rentrent alors en prise et la même série de phénomènes recommence, avec cette seule différence que cette fois la compression ne se produira pas suivant les mêmes génératrices, parce que le mandrin aura subi automatiquement une certaine rotation autour de son axe.

Pour que l'étirage puisse s'effectuer régulièrement d'une extrémité à l'autre de l'ébauche, le chariot qui porte le mandrin est tiré régulièrement en avant par un piston hydraulique; de plus, il peut être déplacé par un palan hydraulique sur une voie de roulement qui a 20 mètres de longueur. Le laminage une fois terminé, le chariot est tiré rapidement en arrière au moyen du palan et le tube détaché du mandrin au moyen d'un appareil hydraulique.

Les trois laminoirs semblables que comprend l'atelier de la Société d'Escaut et Meuse pèsent, avec tous leurs accessoires, 770 tonnes, y compris une machine de 850 chevaux, pesant 110 tonnes avec son volant, plus 56 tonnes de transmissions. Ils peuvent fournir couramment des tubes ayant de 0 m. 040 à 0 m. 300 de diamètre et jusqu'à 12 mètres de longueur. L'outillage est complété par 2 barres à chaîne de Galle pour étirer à chaud, 3 pilons à vapeur de 1,000 kilogrammes à double effet, 16 machines-outils diverses pour couper, dresser et éprouver les tubes et 1 pont roulant électrique de 8 tonnes.

Le finissage s'opère d'ordinaire par étirage à froid, au moyen de bancs à chaîne de Galle. L'atelier spécial comprend une machine à vapeur de 200 chevaux, 4 bancs à étirer de 30, 40 et 50 tonnes, 2 fours à recuire et 2 foyers accessoires, 8 bacs à décaper de 8 mètres de longueur, 1 pilon à vapeur de 750 kilogrammes à double effet, 1 machine à forger et 27 machines-outils diverses. De plus, comme certaines administrations demandent, pour faciliter le contrôle aux épreuves, que les tubes soient revêtus extérieurement d'une couche de zinc déposée électriquement, on a installé dans l'atelier 6 cuves de zingage, dont 2 de 8 mètres de longueur et 4 de 3 m. 50, avec une dynamo spéciale.

Parmi les tubes sans soudure figurant dans l'exposition de la Société d'Escaut et Meuse, on peut en citer un de 17 m. 20 de longueur, de 0 m. 100 de diamètre et de 0 m. 0035 d'épaisseur et un autre de même diamètre, mais de 0 m. 0025 seulement d'épaisseur, sur 5 mètres de longueur. On voyait également des tubes à nervures extérieures, fabriqués par le même procédé et ayant jusqu'à 11 m. 900 de longueur sur 0 m. 130 de diamètre ou 5 m. 680 de longueur sur 0 m. 200 de diamètre.

Pour les gros diamètres, la Société d'Escaut et Meuse pratique couramment la soudure au chalumeau. Elle a installé à cet effet un atelier comprenant 1 grand four à chauffer les tôles et à recuire les pièces finies (ayant jusqu'à 1 m. 50 de diamètre), 3 machines à cintrer, de 2 m. 50, 3 m. 50 et 4 m. 50 de longueur utile, 1 machine à chanfreiner de 5 mètres de longueur, 1 tour pour tourner des pièces de 1 m. 90 de diamètre et 9 mètres de longueur, 2 machines à forer radiales, 1 pont roulant de 1,500 kilogrammes, 1 pompe avec accumulateur à 60 kilogrammes de pression, 2 ventilateurs et 14 chalumeaux, les uns fixes, les autres pouvant être déplacés par un moteur hydraulique. L'outillage absorbe une puissance motrice de 80 chevaux fournie en partie par 1 machine à vapeur, en partie par 2 dynamos réceptrices.

La soudure au chalumeau se prête à la fabrication non seulement des tubes, mais encore de récipients de formes très variées, représentés à l'Exposition par de nombreux spécimens. Nous citerons seulement un collecteur de vapeur de 14 mètres de longueur et de 0 m. 880 de diamètre, portant de nombreux ajutages, une chaudière à double paroi, de 1 mètre de hauteur et de 0 m. 860 de diamètre, un réservoir à air comprimé, de 3 m. 30 de longueur, 0 m. 500 de diamètre et 0 m. 025 d'épaisseur, essayé à 100 kilogrammes par centimètre carré, etc.

Le travail de soudure au chalumeau était représenté, dans la section allemande, par une pièce remarquable, exposée par M. Julius Pintsch, de Berlin. C'était un réservoir

de 20 mètres de longueur, de 1 m. 80 de diamètre, avec une épaisseur de 0 m. 013 au corps, de 0 m. 020 aux fonds, d'une capacité de 50 mètres cubes et pesant 12,200 kilogrammes. Elle avait été essayée à 20 kilogrammes par centimètre carré. Les soudures transversales étaient espacées de 2 mètres. La maison Pintsch a produit, en 1899, 350 réservoirs de toutes dimensions, plus un grand nombre de pièces soudées. Elle a obtenu une médaille d'argent.

L'usine de Lembecq, près Hal (Belgique), a été créée en 1898, pour la fabrication des tubes sans soudure. On y applique, semble-t-il, une formule assez complexe ayant pour point de départ l'élaboration d'une barre ronde qu'on ébauche d'abord par laminage hélicoïdal au moyen d'un train présentant des analogies marquées avec le train Mannesmann; les ébauchés ainsi produits sont étirés sur mandrin court, en cannelures continues, puis terminés sur mandrin long. Les indications qui ont été fournies sur l'ensemble des opérations sont assez obscures et on peut se demander si, au moment de l'ouverture de l'Exposition, l'usine de Lembecq était réellement arrivée, après deux ans de fonctionnement, à une marche bien régulière. Son exposition, composée d'ébauches à divers degrés d'avancement et de tubes de dimensions ordinaires, n'avait rien de bien concluant à cet égard. Le Jury lui a attribué une médaille d'argent.

La Société anonyme des usines de fabrication de tubes et des Forges de Sosnovice, déjà mentionnée à titre de gros producteur d'acier, ne fabrique que des tubes soudés, soit par rapprochement, soit par recouvrement, à raison de 3,500 tonnes par an pour la première catégorie et de 10,500 pour la deuxième. Elle possède deux bancs à tirer pour la soudure par rapprochement et six trains pour la soudure à recouvrement; elle fabrique en outre les brides, raccords et autres pièces accessoires.

La maison Rud. Chillingworth, à Nürenberg (Allemagne), s'est fait une spécialité de la fabrication des pièces embouties de dimensions moyennes, spécialement de poulies en deux pièces qu'elle obtient par le procédé suivant. Une section de tube en acier sert à obtenir chaque demi-poulie, la moitié de sa surface extérieure étant conservée telle quelle pour former la moitié de la jante complète; l'autre demi-circonférence est déformée de manière à former deux plans passant par l'axe et un demi-cylindre concentrique avec la jante, qui relie l'un à l'autre les deux plans. Ce demi-cylindre constitue la portée de calage sur l'arbre; les deux plans situés de part et d'autre sont les plans de joint qu'on raccorde au moyen de boulons avec les éléments correspondants d'une deuxième pièce identique. M. Chillingworth obtient ainsi, par simple emboutissage et sans aucune retouche, des poulies plus solides que celles en bois ou en fonte et plus économiques que celles en fer forgé.

M. Chillingworth fabrique également, par emboutissage, des couvre-engrenages très résistants, pour moteurs de tramways ou d'automobiles, des raccords sans soudures pour conduites de gaz, d'eau et de vapeur, etc.

La Classe 64 lui a décerné une médaille d'argent.

ACIERS SPÉCIAUX.

La grosse industrie sidérurgique, dont nous venons d'esquisser le développement, élabore des produits ferreux de composition relativement peu variée et ne contenant en proportions notables, outre le fer, que du carbone, du silicium et du manganèse. Ces deux derniers éléments n'interviennent même d'une manière courante dans la compotion de ces produits que depuis la substitution du combustible minéral au combustible végétal, du métal fondu au métal soudé.

Tant que l'on a employé exclusivement le combustible végétal pour la fabrication du fer et de l'acier, les divers produits ferreux employés dans l'industrie étaient, à l'exception des fontes grises, des composés de fer et de carbone, classés, suivant la proportion de ce métalloïde, dans les trois catégories désignées sous les noms de fers, aciers et fontes. Seules, les fontes grises contenaient une proportion de silicium appréciable, mais peu élevée relativement; on ne se rendait, d'ailleurs, guère compte alors de l'influence exercée par ce dernier métalloïde sur la séparation du carbone à l'état de graphite, non plus que de l'influence inverse exercée par le manganèse, dans le cas où ce métal entre dans la composition de la fonte.

La substitution du combustible minéral au combustible végétal et le chauffage du vent à des températures croissantes conduisirent à faire fonctionner les hauts fourneaux à des allures de plus en plus chaudes. Ce changement de régime eut pour conséquence la production de fontes de plus en plus riches soit en silicium, soit en manganèse, qui trouvèrent un débouché important dans la production du métal fondu. L'industrie des fontes spéciales se trouva ainsi créée; à ses produits primitifs, les spiegels, ferro-manganèses, ferro-siliciums et silicospiegels vinrent s'ajouter par la suite les ferro-chromes et les ferro-tungstènes, lorsqu'on éprouva le besoin d'obtenir, par l'addition de chrome ou de tungstène, des produits ferreux présentant des propriétés différentes de celles des anciens aciers au carbone. Ces produits ont été le point de départ de la fabrication d'une série d'alliages, dits aciers spéciaux, caractérisés soit par l'introduction isolée d'éléments particuliers, tels que le nickel, le molybdène, le vanadium, etc., soit par l'intervention simultanée de plusieurs de ces corps, soit seuls, soit associés avec le carbone, le manganèse et le silicium.

Cette dernière association était souvent une nécessité imposée par les circonstances mêmes dans lesquelles on obtenait les corps à introduire dans l'acier en vue de modifier ses propriétés. Les premiers aciers spéciaux qui soient entrés dans la pratique industrielle étaient des alliages ternaires; ils renfermaient toujours, outre le chrome ou le tungstène, une proportion importante de carbone. C'est à une époque relativement récente que l'on a pu obtenir couramment de simples alliages binaires, tels que fer-chrome, fer-tungstène, fer-nickel, fer-silicium et qu'on a pu se rendre compte de leurs propriétés.

Avant d'avoir eu cette possibilité, on avait été amené à produire et à utiliser des alliages plus complexes, ceux par exemple contenant à la fois du nickel et

du chrome avec une certaine proportion de carbone. La variété des combinaisons de ce genre est infinie; nous nous bornerons à donner quelques indications sur celles qui sont entrées dans la pratique industrielle. Les propriétés générales des alliages binaires, soit simples, soit additionnés d'une certaine quantité de carbone, se prêteraient au contraire assez facilement à une classification méthodique dont on n'a pas malheureusement encore tous les éléments. Nous ne pouvons donner ici, sur ce sujet, que les indications fournies par les exposants.

Aciers au carbone. — A titre d'élément de comparaison, il est intéressant de reproduire ici quelques chiffres résumant les propriétés mécaniques d'aciers au carbone, contenant ce métalloïde en proportions diverses et sensiblement exempts d'impuretés. Nous les choisirons parmi ceux que contenait la section suédoise de la Classe 64.

TENEURS en CARBONE.	LIMITE D'ÉLASTICITÉ APPARENTE. — En kilogrammes par millimètre carré.	LIMITE DE RÉSISTANCE. — En kilogrammes par millimètre carré.	ALLONGEMENT. — EN CENTIÈMES. Sur 200 millimètres.	ALLONGEMENT. — EN CENTIÈMES. Sur 100 millimètres.	STRICTION. — En CENTIÈMES de la section initiale.
p. 100.					
		USINE DE SÖDERFORS.			
0.10	26.7	41.9	24.9	33.0	59.1
0.20	25.3	42.2	28.3	32.1	53.6
0.40	28.2	55.1	20.9	26.6	48.3
0.50	34.9	60.7	19.3	26.0	45.2
0.60	37.7	71.3	12.2	17.4	34.1
0.70	30.7	70.2	9.6	12.3	22.3
0.80	45.2	87.5	12.6	16.2	23.3
0.90	57.4	92.5	7.9	9.0	19.1
1.05	47.5	73.6	6.5	7.6	12.1
1.10	65.7	86.3	3.8	4.4	6.2
1.20	50.8	74.1	8.2	11.0	2.0
1.40	51.7	79.4	4.1	4.3	5.8
		USINE D'ÖSTERBY (Aciers au creuset, obtenus avec les minerais de Dannemora).			
0.60	Naturel.	52.1	76.2	15.3	36.0
0.60	«Tempéré.»	39.4	84.9	10.3	14.6
0.80	Naturel.	56.5	94.8	9.0	15.2
0.80	«Tempéré.»	46.2	84.9	12.3	29.7
1.00	Naturel.	70.2	103.1	9.0	15.3
1.00	«Tempéré.»	56.5	95.0	9.7	17.9
1.20	Naturel.	80.5	100.8	4.7	8.3
1.20	«Tempéré.»	50.7	73.2	13.7	28.1
1.40	Naturel.	73.4	108.7	5.5	6.6
1.40	«Tempéré.»	48.0	73.7	14.6	24.2
1.60	Naturel.	70.7	98.2	4.3	//
1.60	«Tempéré.»	53.4	79.0	11.6	15.9
		USINE D'IGGESUND (Échantillons pris sur des tubes sans soudure).			
0.15	27.6	42.1	30.8	41.8	Non indiquée.
0.20	32.3	47.7	29.0	31.0	*Idem.*
0.25	31.4	48.6	28.6	39.2	*Idem.*
0.30	35.0	54.9	27.7	36.1	*Idem.*

IMPRIMERIE NATIONALE.

Les chiffres maxima de résistance indiqués ci-dessus peuvent être considérablement dépassés, moyennant certaines conditions de trempe, car la Société de Denain et Anzin indiquait, pour ses aciers à ressorts contenant seulement du carbone, des résistances variant entre 170 et 193 kilogrammes avec des allongements (sur 200 millimètres) compris entre 5.5 et 7.9 millimètres.

Aciers au silicium. — Depuis quelques années les aciéries françaises produisent une certaine quantité d'acier contenant plusieurs centièmes de silicium avec une proportion très faible de carbone, 0.1 p. 100, par exemple. Les aciers se rattachant à ce type se forgent assez facilement jusqu'à une teneur en silicium de 4 p. 100 environ; au delà leur travail à chaud devient de plus en plus difficile; il est à peu près impossible pour une teneur de 8 à 10 p. 100 de silicium. Sa difficulté s'atténue lorsque la teneur en carbone s'élève à 0.30 et surtout à 0.50 p. 100.

Les divers alliages au silicium ont pour caractère commun de donner, pour une résistance donnée, une limite élastique et un allongement plus élevés que les aciers au carbone. La trempe, même pratiquée à une température très élevée, ne modifie pas sensiblement leurs coefficients mécaniques, lorsqu'ils sont sensiblement exempts de carbone. Elle exerce, au contraire, sur les aciers analogues tenant 0.5 à 0.6 p. 100 de carbone, une influence qui se traduit par un relèvement important de la limite d'élasticité et de la résistance, sans modification bien sensible de l'allongement de rupture ainsi que de la striction. Pour produire tous ses effets utiles, la trempe doit être pratiquée entre 900 et 1,000 degrés et suivie d'un recuit au rouge sombre. Si l'on néglige cette dernière précaution, l'allongement se réduit beaucoup et la fragilité du métal augmente singulièrement. En somme, la résistance au choc est plutôt moindre pour les aciers au silicium que pour les aciers ordinaires.

L'exposition de la Société de Denain et Anzin fournissait, au sujet des aciers au silicium, quelques coefficients mécaniques que nous reproduisons ici, bien que la teneur en carbone ne fût pas mentionnée et que les conditions de traitement thermique du métal n'eussent pas été nettement précisées.

TENEUR EN SILICIUM. — EN CENTIÈMES.	LIMITE D'ÉLASTICITÉ. — EN KILOGRAMMES par millimètre carré.	RÉSISTANCE À LA RUPTURE. — EN KILOGRAMMES par millimètre carré.	ALLONGEMENT DE RUPTURE. — EN MILLIMÈTRES sur barreaux de 100 millimètres.
2.48	61.3	86.6	14.5
2.48	69.7	93.5	11.0
2.48, métal trempé.	?	191	3.0
2.48, métal trempé.	125	168	6.0
2.76, métal trempé	126.6	152	2.0
3.0	68	85	13.0
3.0, métal trempé.	109.4	126	6.5
4.0	89.5	89.5	0.5
4.0, métal trempé.	105.2	112.5	3.0

Les aciers au silicium très peu carburés sont employés assez souvent à la fabrication des ressorts.

Aciers au bore. — Diverses usines ont fait des essais sur des aciers au bore, mais elles n'ont donné aucun renseignement précis sur les résultats qu'elles ont obtenus. Ces résultats semblent avoir été médiocrement satisfaisants.

La matière première employée a été généralement un ferro-bore obtenu par réduction au moyen de l'aluminium. C'est du moins ce qu'indiquerait l'analyse suivante d'une matière semblable, produite à Denain en mai 1890 :

	p. 100.		p. 100.
Carbone combiné	0.40	Manganèse	0.00
Graphite	0.00	Silicium	1.81
Bore	9.02	Aluminium	1.29

Aciers à l'aluminium. — L'usine de Denain a étudié également les alliages de fer et d'aluminium, mais elle n'a obtenu aucun produit utilisable. C'est du moins ce qui résulte des chiffres ci-dessous, qui indiquent des irrégularités singulières dans les propriétés mécaniques de l'alliage à 2 p. 100 d'aluminium.

TENEUR EN ALUMINIUM. — EN CENTIÈMES.	LIMITE D'ÉLASTICITÉ. — EN KILOGRAMMES par millimètre carré.	RÉSISTANCE À LA RUPTURE. — EN KILOGRAMMES par millimètre carré.	ALLONGEMENT. — EN MILLIMÈTRES sur barreaux de 100 millimètres.
2	26.0	43.9	25
2	27.3	44.0	5
2	48.6	87.5	13
2	51.4	88.2	9

Aciers au manganèse.— Les aciers au manganèse, avec teneurs faibles en carbone (0.15 à 0.20 p. 100), se forgent facilement jusqu'à une teneur de 18 p. 100 de manganèse, mais ils sont très durs; au-dessus d'une teneur de 8 à 9 p. 100 ils deviennent presque impossibles à percer. Leurs coefficients de résistance décroissent rapidement au-dessus de la teneur de 4 p. 100.

Avec une teneur plus élevée en carbone, une décroissance semblable se manifeste à partir d'une proportion de 3 p. 100 de manganèse. Au-dessous de cette limite, l'addition de cette substance a pour effet de relever considérablement la limite d'élasticité ainsi que la résistance à la rupture tout en laissant à l'allongement une valeur suffisamment élevée, toujours supérieure à 10 p. 100.

Entre les teneurs de 3 et de 8 p. 100 environ, les alliages sont peu résistants et fragiles; ils ne sont susceptibles d'aucune utilisation pratique. Au delà de 8 p. 100 de manganèse, leurs propriétés se modifient complètement; les aciers obtenus sont très durs et très tenaces, mais leur limite d'élasticité conserve une

valeur moyenne et leur allongement avant rupture devient très considérable. De plus ces aciers présentent une propriété spéciale, qui leur est commune avec les aciers à haute teneur en nickel, celle de s'adoucir par la trempe à l'eau, suivie d'un recuit à basse température.

Les indications fournies par diverses usines sur les propriétés des aciers au manganèse ne sont pas très concordantes; cela tient probablement à des différences dans la proportion de carbone associée avec une quantité donnée de manganèse et dans le traitement thermique appliqué au métal. Telle aciérie admet que la teneur en manganèse donnant les meilleurs résultats serait d'environ 13 p. 100 et qu'elle permettrait d'obtenir des valeurs de 40 et de 95 kilogrammes en moyenne pour la limite d'élasticité et la résistance à la rupture, avec 35 p. 100 d'allongement. Telle autre emploie de préférence une proportion de manganèse un peu plus élevée.

Sous les réserves ci-dessus, nous reproduisons ici les chiffres donnés par la Société de Denain et Anzin pour les coefficients mécaniques des divers aciers au manganèse qu'elle considère comme utilisables.

TENEUR EN MANGANÈSE. — EN CENTIÈMES.	LIMITE D'ÉLASTICITÉ. — EN KILOGRAMMES par millimètre carré.	RÉSISTANCE À LA RUPTURE. — EN KILOGRAMMES par millimètre carré.	ALLONGEMENT DE RUPTURE. — EN MILLIMÈTRES sur barreaux de 100 millimètres.
30	51.4	93.8	55
30	58.0	103.0	48
30	47.4	85.5	33
30	36.4	98.6	58
30	35.8	92.5	69
29	43.4	97.4	54
29	42.6	97.4	49
19	37.3	82.7	21
19	37.0	86.0	26
19	36.2	82.9	23
16	43.2	90.5	47
16	40.7	83.5	30
15	37.3	70.0	11
15	49.5	82.6	16
3	76.3	100.8	11.5
3	99.0	107.5	10
3	63.5	113.0	6
2.5	62.6	78.6	14
2.5	58.6	74.0	15
2.5	64.5	77.0	14
2.5	55.8	71.4	18.5
2.5	54.6	74.0	19.0
2.5	55.9	72.4	17.0

Aciers au silicium et au manganèse. — Ces aciers, quand ils sont peu carburés, sont moins fragiles que ceux au silicium et moins durs que ceux au manganèse. Leur forgeage reste possible avec des teneurs de manganèse un peu plus élevées qu'en l'absence de silicium; néanmoins il cesse d'être pratique à partir du chiffre de 12 p. 100 environ pour le premier corps. Ils subissent avec avantage, comme les aciers au silicium seul, la trempe à l'eau, opérée en partant de la température du rouge vif et suivie d'un recuit au rouge sombre. Ce mode de traitement relève considérablement leur limite élastique et leur résistance à la rupture, tout en leur laissant un allongement voisin de 10 p. 100.

Aciers au chrome. — Les premières indications relatives à l'influence du chrome sur les propriétés de l'acier ont été données par Berthier, en 1820, mais c'est M. Brustlein qui a réellement introduit les aciers chromés dans la pratique industrielle. Pendant longtemps, ces aciers renfermaient toujours une proportion élevée de carbone; ils étaient obtenus, en effet, au moyen de ferrochromes fabriqués, suivant leur teneur, soit au haut fourneau, soit au cubilot à creuset mobile, soit au creuset, mais toujours très carburés par suite de leur mode de production.

Aujourd'hui, les procédés électriques ou la réduction par l'aluminium permettent de livrer au commerce du chrome sensiblement pur, à un prix tel que la fabrication des ferrochromes riches, au cubilot, avec une consommation d'un poids décuple de coke, cesse d'être pratiquement avantageuse. Ce produit nouveau a permis d'obtenir des aciers chromés ne tenant pas plus de 0.1 à 0.4 p. 100 de carbone et de constater que leurs propriétés sont sensiblement différentes de celles des alliages d'égale teneur en chrome, mais fortement carburés. Leur dureté est beaucoup moindre, l'influence propre du chrome à ce point de vue paraissant être bien moins accentuée que celle du manganèse; elle augmente beaucoup par la trempe.

Ces aciers se forgent et se travaillent facilement. Leur limite élastique et leur résistance à la rupture, après recuit, se rapprochent assez de celles des aciers à teneur moyenne en carbone, mais, après trempe et recuit au rouge sombre, elles se relèvent considérablement en se rapprochant l'une de l'autre. L'allongement de rupture prend alors une valeur moyenne, mais la striction reste fort élevée, souvent supérieure à 50 p. 100. Cette contradiction apparente, que nous retrouverons dans certains aciers au nickel, s'explique par l'élévation de la limite d'élasticité et par la concentration de la striction sur une faible étendue longitudinale.

Les alliages tenant 20 à 30 p. 100 de chrome avec moins de 0.5 p. 100 de carbone se travaillent encore très facilement, mais ils sont très fragiles dans la direction perpendiculaire au sens de laminage.

Ce caractère spécial, qui s'observe également dans certains aciers au nickel, semble devoir être attribué à une structure en aiguilles, allongées suivant la direction de l'étirage.

L'exposition de la maison J. Holtzer et Cie contenait, au sujet des propriétés caractéristiques des aciers au chrome, tenant 0.4 à 0.6 p. 100 de carbone, des indications intéressantes que nous reproduisons ci-dessous :

TENEUR EN CHROME.	TENEUR EN CARBONE.	ASPECT DE LA CASSURE DU LINGOT BRUT.	TRAITEMENT PRÉALABLE du métal.	LIMITE ÉLASTIQUE. — En KILOGRAMMES par millim. carré.	CHARGE DE RUPTURE. — En KILOGRAMMES par millim. carré.	ALLONGEMENT. sur 100 millim. — En millimètres.	STRICTION. $\left(\frac{S'}{S}\right)$
4.90	0.37	Grain moyen, uniforme.	Recuit ..	28.0	50.0	24.0	0.240
			Trempé et recuit.	76.8	86.9	12.0	0.370
10.80	0.60	Grain serré au centre, structure un peu rayonnée à l'extérieur.	Recuit ..	36.0	66.1	21.5	0.440
			Trempé et recuit.	66.8	85.5	12.0	0.536
14.50	0.45	Même structure, avec une étendue moindre de la région grenue..	Recuit ..	40.0	71.4	18.5	0.500
			Trempé et recuit.	76.8	91.5	11.5	0.546
20.48	0.38	Au centre, grain moyen, clair ; à l'extérieur, zone rayonnée sur 7 à 8 millimètres.....	Recuit ..	33.4	56.8	21.5	0.465
			Trempé et recuit.	43.4	63.4	19.5	0.515
26.50	0.45	Au centre, grain grossier; à l'extérieur, zone rayonnée sur 10 millimètres.....	Recuit ..	46.1	66.4	18.0	0.621
			Trempé et recuit.	43.4	63.7	20.0	0.500
30.10	0.49	Pas de cassure exposée.	Recuit ..	48.2	65.4	19.0	0.620
			Trempé et recuit.	45.4	61.4	19.0	0.650

Avec une proportion de 35 p. 100 de chrome, les éprouvettes cassent brusquement, sans allongement ni striction.

La trempe communique une très grande dureté aux trois premiers termes de la série; son effet est beaucoup moindre pour le quatrième et sensiblement nul pour les deux derniers.

Aciers au chrome et au carbone. — Les aciers au chrome contenant une proportion de carbone relativement élevée sont entrés depuis une vingtaine d'années dans la pratique industrielle. Ce sont des métaux durs, tenaces, mais présentant néanmoins un allongement assez élevé pour permettre leur emploi dans un grand nombre d'applications qui exigent une résistance élevée au choc.

La série d'essais mécaniques ci-dessous, produite par la Société de Denain et Anzin, peut présenter quelque intérêt :

TENEUR EN CHROME. — EN CENTIÈMES.	LIMITE D'ÉLASTICITÉ. — EN KILOGRAMMES par millimètre carré.	RÉSISTANCE À LA RUPTURE. — EN KILOGRAMMES par millimètre carré.	ALLONGEMENT. — EN MILLIMÈTRES sur barreaux de 100 millimètres.
12	78.6	103.5	8
10	76.0	89.5	12
10	36.7	45.4	25
6.67	77.3	102.8	8
6.67	57.5	81.6	11
4	120.0	124.0	9.5
4	70.6	111.3	8.0
3.47	101.4	108.6	9.0
3.47	106.6	115.3	11
2.16	72.6	78.7	13
2.16	95.4	106.7	7.5
1.6	86.7	89.5	10.0
1.6	92.0	96.0	10.5

Aciers au tungstène. — Les aciers au tungstène sont connus depuis longtemps, mais c'est seulement à une époque relativement récente que l'on a utilisé sérieusement leurs propriétés.

Les aciers à faible teneur en tungstène, une fois recuits, ont des propriétés analogues à celles des aciers à teneur moyenne en carbone (0.7 à 0.8 p. 100); seulement leur limite élastique est sensiblement plus élevée. La trempe à l'eau, suivie d'un recuit au-dessous du rouge sombre dans l'obscurité, relève considérablement leur résistance et surtout leur limite élastique, tout en leur laissant un allongement de rupture assez élevé (8 à 12 p. 100). Ces propriétés mécaniques correspondent à une résistance très élevée au choc.

Les aciers au tungstène sont souvent employés pour la confection des outils et des ressorts. Pour ce dernier usage, nous citerons notamment la composition suivante, adoptée par une des usines exposantes :

Tungstène	2 p. 100.
Manganèse	0.5
Silicium	0.5
Carbone	0.3 à 1.5

Pour les aciers à outils, on emploie en général une proportion plus forte de tungstène; parfois, on y ajoute du manganèse en quantité relativement importante, surtout lorsqu'on veut obtenir un métal assez dur par lui-même pour n'avoir pas besoin de

subir la trempe, opération toujours dangereuse pour les aciers très durs. Nous citerons, par exemple, l'acier dit *infernal*, tenant 6 p. 100 de tungstène et 10 p. 100 de manganèse; sa dureté, à l'état non trempé, est intermédiaire entre celles du feldspath et du quartz.

Les aciers au tungstène présentent en somme des propriétés fort remarquables; ils seraient d'un usage beaucoup plus courant si la difficulté de se procurer des minerais de tungstène bien exempts d'étain ne relevait considérablement leur prix de revient.

L'usine d'Österby (Suède) avait exposé des aciers (marque Dora) contenant du tungstène en proportion non indiquée, avec des quantités variables de carbone; elle indiquait pour ces aciers les coefficients mécaniques suivants :

DOSAGE EN CARBONE.	LIMITE D'ÉLASTICITÉ APPARENTE.	RÉSISTANCE À LA RUPTURE.	ALLONGEMENT SUR 150 MILLIMÈTRES.	STRICTION.
p. 100.	kilogr.	kilogr.		p. 100.
1.00	91.7	110.2	5.0	2.7
1.10	84.1	106.8	5.2	6.8
1.20	99.2	112.2	1.2	2.2

Aciers au molybdène. — Une observation analogue s'applique aux aciers au molybdène dont la matière première, la molybdénite, est malheureusement peu abondante. Ces aciers présentent les mêmes propriétés générales que les aciers au tungstène, mais à un degré plus élevé. Après trempe et recuit, ils acquièrent une résistance à la rupture très considérable, pouvant dépasser 170 kilogrammes par millimètre carré, avec une limite élastique très rapprochée de celle des aciers au tungstène et un allongement à peine inférieur. Leur résistance au choc est très remarquable. Il est regrettable que leur emploi soit limité par l'élévation de leur prix.

Aciers au vanadium. — Le vanadium, au contraire, ne paraît pas exercer sur l'acier une influence bien avantageuse; c'est du moins ce qui résulterait des expériences nombreuses entreprises à ce sujet.

Aciers au nickel. — Cette variété d'aciers est une de celles que l'industrie sidérurgique a étudiées tout particulièrement dans ces dernières années. Les résultats obtenus présentent encore bien des discordances; il est intéressant néanmoins de les résumer en termes généraux.

L'addition du nickel, jusqu'à une teneur de 6 à 7 p. 100, relève la résistance à la rupture et surtout la limite élastique des aciers peu carburés, tout en leur laissant un allongement considérable. Refroidi rapidement à l'air, le métal devient très dur et difficile à attaquer par les outils ordinaires. Pour le ramener à l'état malléable, il faut lui faire subir un recuit prolongé au rouge très sombre, c'est-à-dire entre 500 et 600 degrés.

Les aciers de cette catégorie sont ordinairement additionnés d'une faible proportion de chrome (0.3 à 0.4 p. 100); ils possèdent alors, après recuit, une limite élastique de 40 à 45 kilogrammes, une résistance de rupture de 55 à 65 kilogrammes et un allongement de 15 à 18 p. 100; ils se plient facilement à bloc et résistent très bien au choc. Leur finissage s'opère dans des conditions comparables à celles en usage pour l'acier à canons (au carbone) trempé et recuit.

Avec des teneurs de nickel variant entre 7 et 15 p. 100, les meilleurs résultats sont obtenus avec des teneurs en carbone très faibles, comprises entre 0.1 et 0.5, toujours moyennant un recuit prolongé vers 550 degrés. La limite élastique peut atteindre ou même dépasser 75 kilogrammes, la résistance, 115 à 120 kilogrammes, l'allongement se tenant aux environs de 16 p. 100 (sur une longueur de 100 millim.). Un excès de carbone, au delà de 0.5 p. 100, abaisse plutôt les deux coefficients de résistance.

Les aciers au nickel tenant plus de 16 p. 100 de nickel avec une quantité notable de carbone, 0.4 à 0.5 p. 100 au moins, présentent des propriétés très différentes de celles des aciers à faible teneur. Après forgeage et refroidissement dans les conditions ordinaires, ils présentent une grande résistance (90 à 100 kilogrammes) et une limite d'élasticité assez élevée (50 kilogrammes environ) bien que fort inférieure à la résistance de rupture : leurs allongements sont considérables. La trempe à l'eau, effectuée en partant d'une température de 800 degrés au moins, accentue les caractères spéciaux de ces alliages et les rapproche singulièrement de ceux des aciers à haute teneur en manganèse. La résistance à la rupture s'abaisse un peu et acquiert, pour une teneur de 25 p. 100 en nickel, une valeur comprise entre 65 et 75 kilogrammes; en même temps, la limite d'élasticité descend aux environs de 25 kilogrammes; les allongements atteignent facilement 55 p. 100 et dépassent parfois très notablement ce chiffre. Ces coefficients sont faiblement majorés par une augmentation de teneur en carbone, jusqu'au chiffre de 1 p. 100 environ.

Les alliages riches en nickel ont une dureté très faible quand ils ne contiennent pas un autre corps exerçant par lui-même une action durcissante bien marquée.

Une addition de 0.5 à 0.6 p. 100 de chrome modifie nettement leurs propriétés; non seulement il leur donne une dureté considérable, exigeant des outils spéciaux pour le travail à froid, mais encore il relève la résistance à la rupture aux environs de 120 kilogrammes, la limite élastique vers 90 kilogrammes, et réduit l'allongement à un chiffre de 10 à 14 p. 100. La résistance au choc reste très satisfaisante. Ces propriétés ne se manifestent d'ailleurs qu'après recuit vers 400 degrés; après un refroidissement opéré sans précaution, à partir de la température de forgeage, le métal devient d'une dureté qui rend son travail à froid très difficile.

L'alliage à 20-25 p. 100 de nickel, avec 0.5 à 0.6 p. 100 de chrome et 0.6 à 0.9 p. 100 de manganèse, est d'un usage assez fréquent aujourd'hui pour la fabrication de pièces mécaniques devant présenter une grande résistance. Son emploi est limité par son prix de revient élevé et les difficultés de son travail. Son utilisation pour la confection de moulages donne lieu à une retassure importante au moment de la solidification.

Certaines usines de la Loire ont réussi à vaincre les difficultés qui résultent de cette circonstance. L'usine de Saint-Chamond exposait, dans le pavillon des Armées de terre et de mer, un piston moulé en acier tenant 20 à 25 p. 100 de nickel; la maison J. Holtzer et Cie présentait parmi ses éprouvettes d'aciers moulés, une barrette d'acier à 25 p. 100 de nickel, de 13 millim. 8 de diamètre et de 100 millimètres de longueur entre repères ayant donné une limite élastique de 23 kilogr. 3, une résistance à la rupture de 58 kilogrammes et un allongement de 51 millim. 5. Le même métal, essayé au choc sur barreaux de 30 sur 30 millim., s'était plié à bloc sans fissures.

L'acier à 20-25 p. 100 de nickel et 2 à 3 p. 100 de chrome est également d'un usage assez fréquent; il présente plus nettement que le précédent le caractère d'acier à grand allongement. Il peut donner les résultats suivants :

	APRÈS RECUIT.	APRÈS TREMPE.
Limite élastique (en kilogrammes)	36	30.8
Résistance (en kilogrammes)	80	81.8
Allongement (en centièmes)	40	77

Les propriétés mécaniques des aciers au nickel, si variables suivant la teneur, paraissent liées à d'autres propriétés physiques anormales que présentent ces alliages. Exempts de chrome, ils sont magnétiques, à la température ordinaire, jusqu'à la teneur de 18 p. 100 de nickel; au delà de ce chiffre, ils cessent de l'être jusqu'à ce que la proportion de nickel dépasse 30 p. 100. Les alliages non magnétiques à la température ordinaire le deviennent à une température inférieure qui varie avec leur composition. Au-dessus d'une teneur de 25 p. 100, ils sont dits *réversibles* au point de vue magnétique, parce que l'écart entre les températures auxquelles les propriétés magnétiques se manifestent ou disparaissent est pratiquement insignifiant. Les aciers plus pauvres en nickel sont dits *irréversibles* parce que leurs propriétés magnétiques, une fois supprimées par le réchauffage, ne se manifestent à nouveau qu'à une température de beaucoup inférieure.

Les variations des propriétés magnétiques sont accompagnées de variations de volume. Dans le cas des alliages irréversibles, l'apparition du magnétisme est accompagnée d'une contraction brusque et d'une augmentation de dureté qui disparaissent en même temps que les propriétés magnétiques. Certains alliages réversibles possèdent un coefficient de dilatation décroissant avec la température et présentent un maximum de densité pour lequel ce coefficient est nul. Ce phénomène se produit entre 15 et 20 degrés pour l'alliage à 36.4 p. 100 de nickel : on a proposé d'utiliser, pour la construction de règles graduées, ce métal qui est d'ailleurs très peu altérable.

L'addition de chrome aux aciers contenant une forte proportion de nickel abaisse considérablement la température à laquelle les propriétés magnétiques se manifestent à nouveau; elle peut la faire descendre au-dessous du point d'ébullition de l'air liquide (— 188 degrés).

La corrélation entre ces divers phénomènes et les propriétés mécaniques des aciers

au nickel est encore fort obscure. L'étude des propriétés mécaniques elles-mêmes reste passablement incomplète, d'autant plus que la plupart des coefficients indiqués se rapportent à des alliages tenant des proportions non indiquées de carbone, de chrome ou de manganèse, et ayant subi des traitements divers au point de vue thermique.

Néanmoins, nous croyons utile de reproduire ci-dessous diverses indications provenant des expositions des Sociétés de Denain et Anzin (DA) et de Commentry, Fourchambault et Decazeville (CF) :

PROVENANCE de L'ÉCHANTILLON.	TENEUR en NICKEL. — En centièmes.	TRAITEMENT SUBI par l'échantillon.	LIMITE ÉLASTIQUE — En kilogrammes par millimètre carré.	RÉSISTANCE À LA RUPTURE. — En kilogrammes par millimètre carré.	ALLONGEMENT DE RUPTURE. — En centièmes. — Sur 100 millim. pour Denain et Anzin.	STRICTION. — En centièmes de la section initiale.
(CF).....	2	Recuit.	83,5	96,4	15,5	57,5
(CF).....	2	Trempé.	39,4	66,9	25,5	47,5
(CF).....	5	Recuit.	90,2	100,2	16,5	48,6
(CF).....	5	Trempé.	46,8	68,9	21,5	47,5
(DA).....	5	Non indiqué.	68,6	86,6	16,5	Non indiquée
(DA).....	5	*Idem.*	74,1	100,7	12,5	*Idem.*
(CF).....	6	*Idem.*	42,0	58,5	28,0	69,6
(CF).....	6	*Idem.*	41,1	54,4	29,0	70,5
(DA).....	6	*Idem.*	71,5	102,3	12.5	Non indiquée
(DA).....	6	*Idem.*	78,5	115,6	7,5	*Idem.*
(CF).....	8	*Idem.*	56,6	67,9	22,0	70,8
(CF).....	8	*Idem.*	52,4	62,8	25,0	70,5
(CF).....	10	*Idem.*	67,6	80,0	20,5	63,8
(CF).....	10	*Idem.*	61,2	76,5	19,5	66,5
(DA).....	10	*Idem.*	80,0	155,3	9,5	Non indiquée
(DA).....	10	*Idem.*	81,4	148,5	9,0	*Idem.*
(CF).....	12	*Idem.*	72,3	89,0	22,0	62,0
(CF).....	12	*Idem.*	68,9	82,3	19,0	64,0
(CF).....	12	Trempé.	111,0	130,2	14,5	52,7
(CF).....	12	Recuit à 350°.	103,3	120,0	12,5	57,5
(CF).....	12	Recuit à 600° et essayé en travers.	68,7	78,0	15,5	63,0
(CF).....	14	Non indiqué.	78,5	105,8	13,5	36,4
(CF).....	14	*Idem.*	69,0	93,0	15,0	59,0
(CF).....	16	*Idem.*	76,0	124,1	17,0	45,6
(CF).....	16	*Idem.*	73,5	129,5	12,2	50,0
(CF).....	16	Non trempé.	46,8	87,7	60,0	66,4
(CF).....	16	Trempé.	32,8	77,5	73,0	68,0
(CF).....	20	Non trempé.	85,6	137,0	13,5	52,0
(CF).....	20	Trempé.	91,0	150,8	17,0	42,4
(CF).....	22	Non trempé.	78,9	126,2	13,5	61,0
(CF).....	22	Trempé à 800°	Non indiquée	153,1	16,5	38,0
(DA).....	24	Non indiqué.	31.0	75,6	110,0	Non indiquée
(DA).....	24	*Idem.*	32,0	76,6	108,0	*Idem.*
(DA).....	24	*Idem.*	26.2	75,5	95,0	*Idem.*

PROVENANCE de L'ÉCHANTILLON.	TENEUR en NICKEL. — En centièmes.	TRAITEMENT SUBI par l'échantillon.	LIMITE ÉLASTIQUE. — En kilogrammes par millimètre carré.	RÉSISTANCE À LA RUPTURE. — En kilogrammes par millimètre carré.	ALLONGEMENT DE RUPTURE. — En centièmes. — Sur 100 millim. pour Denain et Anzin.	STRICTION. — En centièmes de la section initiale.
(CF).....	25	Non trempé.	70,2	97,0	35,1	61,2
(CF).....	25	Trempé.	43,5	84,2	83,5	71,3
(CF).....	25	Non trempé.	49,5	94,0	60,5	47,5
(CF).....	25	Trempé.	32,8	81,0	88,5	48,1
(DA).....	26	Non indiqué.	28,9	77,1	105,0	Non indiquée
(DA).....	26	*Idem.*	28,5	78,0	103,0	*Idem.*
(DA).....	27	*Idem.*	26,3	74,5	99,0	*Idem.*
(DA).....	27	*Idem.*	26,8	76,6	90,0	*Idem.*
(DA).....	30	*Idem.*	27,6	74,0	99,0	*Idem.*
(DA).....	30	*Idem.*	28,0	76,0	97,0	*Idem.*
(DA).....	30	*Idem.*	28,5	72,4	106,0	*Idem.*
(CF).....	36	Non trempé.	52,0	87,5	56,0	63,8
(CF).....	36	Trempé.	43,5	83,2	55,0	60,3
(CF).....	36	Non trempé.	59,8	94,5	27,0	47,5
(CF).....	36	Trempé.	54,8	91,5	27,0	43,3
(CF).....	44	Non trempé.	42,8	71,2	45,5	59,4
(CF).....	44	*Idem.*	41,5	70,3	40,0	62,9

Des chiffres analogues figuraient dans diverses autres expositions, notamment dans celle de la Société Le Nickel (Pavillon des Armées de terre et de mer); nous en reproduisons ci-dessous un certain nombre :

USINE D'ORIGINE.	NATURE DE LA FABRICATION.	TENEUR EN NICKEL. — En centièmes.	TRAITEMENT SUBI par l'échantillon.	LIMITE D'ÉLASTICITÉ. — En kilogrammes par millimètre carré.	RÉSISTANCE à la RUPTURE. — En kilogrammes par millimètre carré.	ALLONGEMENT DE RUPTURE. — En centièmes.	STRICTION de LA SECTION. — En centièmes.
J. Holtzer et Cie..	Moulages mécaniques.	2	Recuit (?).....	46,1	68,7	18,0	"
Idem.....	Essieu coudé de locomotive.	3	Chauffé à 650 degr. et refroidi lentement.	50,0	66,1	19,0	"
Aciéries de Firminy.	Fils pour câbles.	2 à 3	?	"	130 à 138	"	"
Le Creusot.....	Arbre à double manivelle.	5,42	?	41,7	59,0	"	"
Idem.....	Canon de 75mm à tir rapide.	5,55	?	Arrière 60,0 Avant 57,3	79,3 75,3	20,8 26,0	45,7 50,7
Saint-Chamond...	Non indiquée.....	6	Recuit à 600 degr.	48,80	76,69	18,0	?
Idem.....	*Idem*.....	6	*Idem*.....	50,14	76,22	19,5	?
Idem.....	*Idem*.....	6	*Idem*.....	58,43	96,58	15,0	?
Idem.....	*Idem*.....	6	*Idem*.....	52,59	93,38	15,5	?
Brunon et Valette.	Bouteilles à acide carbonique.	6	Recuit.....	49,5	69,8	21,0	?
Idem.....	*Idem*.....	6	*Idem*.....	47,6	69,7	23,0	?
Idem.....	*Idem*.....	6	Non recuit.....	49,7	80,15	19,5	?

USINE D'ORIGINE.	NATURE DE LA FABRICATION.	TENEUR EN NICKEL. — En centièmes.	TRAITEMENT SUBI par l'échantillon.	LIMITE D'ÉLASTICITÉ. — En kilogrammes par millimètre carré.	RÉSISTANCE à la RUPTURE. — En kilogrammes par millimètre carré.	ALLONGEMENT DE RUPTURE. — En centièmes.	STRICTION de LA SECTION. — En centièmes.
Brunon et Valette.	Bouteilles à acide carbonique.	6	Non recuit.....	50,0	79,65	25,5	?
J. Holtzer et Cie..	Moulages mécaniques.	10	Recuit (?).....	59,2	77,8	12,0	"
Idem.....	Tube pour canons.	11	Trempé à l'huile vers 800 degrés, recuit vers 400.	133,0	136,7	15,0	"
Idem.....	*Idem*.....	11	Trempé à l'huile vers 800 degrés, recuit vers 450.	127,0	130,1	15,0	"
Idem.....	*Idem*.....	11	Trempé à l'huile vers 800 degrés, recuit vers 550 et refroidi lentement.	136,7	159,7	9,0	"
Idem.....	*Idem*.....	11	Trempé à l'huile vers 800 degrés, recuit vers 700 et refroidi lentement.	136,4	161,0	3,0	"
Saint-Chamond..	Non indiquée....	10 à 12 (Avec chrome.)	Recuit à 600 degr.	86,6	112,0	13,0	"
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.	*Idem*.....	89,5	112,2	13,0	"
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.	*Idem*.....	87,0	111,4	13,0	"
J. Holtzer et Cie..	Manchon pour jaquette porte-culasse.	22	Trempé à l'eau, à 950 degrés.	36,0	69,4	45,0	"
Idem.....	Arbre de machines.	25	?	24,4	57,2	46,5	"
Saint-Chamond...	Non indiquée	22 à 25 (Avec chrome.)	État naturel.....	49,8	87,85	48,0	"
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.	*Idem*.....	50,14	84,40	44,0	"
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.	*Idem*.....	50,14	87,60	51,0	"
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.	*Idem*.....	50,17	86,87	51,0	"
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.	Trempé.....	44,14	75,33	59,0	"
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.	*Idem*.....	44,46	76,20	65,0	"
Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons.	Tubes de chaudière	25	Non indiqué.....	36,0	67,5	17,0	"
Idem.....	Tôles de 3mm	25	Naturelle, en trav.	54,5	86,5	42,5	"
Idem.....	*Idem*.....	25	Naturelle, en long.	53,6	88,3	40,5	"
Idem.....	*Idem*.....	25	Trempée, en trav.	43,1	85,7	47,5	"
Idem.....	*Idem*.....	25	Trempée, en long.	41,9	83,3	49,0	"
Idem.....	Tôles de 2mm....	25	Naturelle, en trav.	51,3	90,5	34,5	"
Idem.....	*Idem*.....	25	Naturelle, en long.	50,7	90,9	33,0	"
Idem.....	*Idem*.....	25	Trempée, en trav.	40,5	87,5	37,5	"
Idem.....	*Idem*.....	25	Trempée, en long.	38,8	83,8	38,0	"
Idem.....	Tôles de 1mm 5 ..	25	Naturelle, en trav.	47,3	81,2	30,5	"
Idem.....	*Idem*.....	25	Naturelle, en long.	55,5	84,4	27,0	"
Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons.	Tôles de 1mm 5...	25	Trempée, en trav.	34,1	72,8	34,0	"
Idem.....	*Idem*.....	25	Trempée, en long.	35,0	74,6	36,0	"
Idem.....	Fils d'acier de 4mm ..	25	Non indiqué.....	"	190,0	"	"
	Fils d'acier de 2mm7 .	25	*Idem*.....	"	225,0	"	"
	Fils d'acier de 1mm5 .	25	*Idem*.....	"	190,0	"	"
	Fils d'acier de 1mm2 .	25	*Idem*.....	"	190,0	"	"
Idem.....	Câble en acier...	25	*Idem*.....	"	210,0	"	"
Österby (Suède).	Non indiquée	Non indiquée.	Naturelle.....	62,4	110,2	4,2	5,9
Idem.....	*Idem*.....	C = 1,00.	«Tempérée» (*sic*).	40,5	73,6	29,9	14,7
Idem.....	*Idem*.....	Non indiquée.	Naturelle.....	72,9	121,9	6,1	4,5
Idem.....	*Idem*.....	C = 1,20.	«Tempérée».....	53,6	82,9	13,7	21,7

Après avoir indiqué les résultats remarquables obtenus par l'emploi des alliages de fer et de nickel, il convient de rappeler que l'initiative de l'étude de ces alliages a été prise, il y a longtemps déjà, par la Société anonyme « Le Ferro-nickel », qui a son siège à Paris et son usine principale à Lizy-sur-Ourcq. Dès 1883, sous son ancien nom de « Fonderie de nickel et de métaux blancs », elle avait pris des brevets pour la production des alliages de fer et de nickel; en 1889, sous son titre actuel, elle exposait des échantillons variés appartenant notamment à la série non magnétique. Les efforts considérables qu'elle a faits pour rendre réellement pratique l'emploi des alliages de fer et de nickel ne semblent pas lui avoir procuré tous les bénéfices qu'elle aurait été en droit d'en attendre; mais ils justifient, concurremment avec les autres fabrications d'alliages nickelifères auxquelles elle se livre actuellement, la médaille d'or qui lui a été accordée par le Jury de la Classe 64. La Société ne produit d'ailleurs qu'une faible quantité, 40 à 50 tonnes par an, de ferro-nickel tenant 25 p. 100 de nickel, avec 0.4 à 0.5 p. 100 de carbone et pas de chrome : la fusion se fait au creuset. Cet alliage donnerait, paraît-il : E = 22 kilogrammes, R = 61 kilogrammes et A = 48 p. 100.

Aciers au cobalt. — Le cobalt donne avec le fer des alliages qui, à faible teneur, présentent des propriétés analogues à celles des aciers au nickel; à teneur plus élevée, il ne donne pas, comme ce dernier métal, d'aciers à grands allongements. Son prix étant relativement élevé, il n'y a aucun intérêt à le substituer au nickel.

Aciers au cuivre. — Deux aciéries françaises avaient exposé, en 1889, des échantillons d'acier contenant des proportions de cuivre variables, non indiquées exactement d'ailleurs, et y avaient joint des chiffres exprimant leurs coefficients mécaniques. La pratique n'a pas confirmé les espérances qu'on avait pu former à cette époque : il semble établi aujourd'hui que l'addition de cuivre à l'acier, jusqu'à une proportion de 1.3 p. 100, relève la ténacité et la limite élastique du métal, sans le rendre fragile, mais que les modifications de propriétés ainsi obtenues sont trop peu importantes pour présenter un réel intérêt. Au delà de 2 p. 100, le cuivre rend l'acier plus difficile à travailler à chaud et, comme le carbone, réduit sensiblement l'allongement avant rupture. Même en proportion élevée, il ne rend pas le métal cassant à chaud, comme on l'admettait autrefois, mais il est probable que la discordance sur ce point entre les observations anciennes et modernes tient à des différences dans les teneurs en soufre des échantillons étudiés.

MÉTALLURGIE DU CUIVRE.

La métallurgie du cuivre était brillamment représentée à l'Exposition, au double point de vue de la production de ce métal et de son élaboration à l'état, soit de cuivre rouge, soit d'alliages divers. A l'inverse de ce qui se produit souvent pour le fer, la production et l'élaboration du cuivre constituent ordinairement des industries indépendantes, qui présentent rarement un développement équivalent dans un même établissement. Les usines de production du cuivre sont en général trop éloignées des centres de consommation pour que l'élaboration du métal sur place soit avantageuse au point de vue économique. Le cuivre se transporte le plus souvent sous la forme de lingots, quelquefois sous celle de mattes ou de cuivre précipité. Le traitement des minerais dans des usines situées à proximité des bassins houillers et à grande distance des exploitations minières était devenu la formule usuelle pendant la première moitié de ce siècle; aujourd'hui, au contraire, le traitement sur place tend à reprendre la prédominance qu'il avait eue autrefois.

Tandis que les usines de transformation représentées à l'Exposition étaient presque toutes françaises, les établissements de production appartenaient, au contraire, à des pays fort divers parmi lesquels la France ne figurait pas. Avant d'étudier les procédés variés de la métallurgie du cuivre et de passer ensuite à l'examen des industries de transformation de ce métal, il convient de donner quelques indications sur l'allure générale de sa production.

Cette production a pris, au cours du XIXe siècle, un développement prodigieux, ainsi qu'il ressort des intéressants diagrammes présentés par la Compagnie française des métaux et résumés dans le tableau ci-dessous :

PÉRIODES.	PRODUCTION ANNUELLE MOYENNE.	PRIX MOYEN DE LA TONNE À PARIS.
	tonnes.	francs.
1801-1810	9,000	3,900
1811-1820	9,500	3,160
1821-1830	13,500	2,440
1831-1840	22,000	2,270
1841-1850	29,000	2,120
1851-1860	50,500	2,690
1861-1870	90,000	2,098
1871-1880	119,200	1,828
1881	190,000	1,514
1882	180,000	1,660

PÉRIODES.	PRODUCTION ANNUELLE MOYENNE.	PRIX MOYEN DE LA TONNE À PARIS.
	tonnes.	francs.
1883	195,000	1,575
1884	210,000	1,355
1885	224,000	1,090
1886	218,000	990
1887	230,000	1,040
1888	250,000	1,890
1889	266,000	1,230
1890	282,000	1,345
1891	290,000	1,265
1892	318,000	1,130
1893	311,000	1,080
1894	330,000	990
1895	350,000	1,070
1896	378,000	1,163
1897	398,000	1,218
1898	419,000	1,282
1899	476,000	1,869

L'examen de ces chiffres montre que la production annuelle du cuivre est actuellement plus de cinquante fois plus grande qu'au commencement du XIXe siècle et qu'en même temps le prix de ce métal, calculé sur une moyenne de dix années, s'est réduit des deux tiers. La variation de la valeur du cuivre a été, dans l'ensemble, assez régulière, si l'on se borne à comparer des périodes décennales; une seule de ces périodes, celle de 1851 à 1861, a été caractérisée par un relèvement bien accentué. D'une année à l'autre, au contraire, les variations ont été considérables. Ainsi, depuis une vingtaine d'années seulement, on a vu la valeur de la tonne de cuivre à Paris tomber deux fois au-dessous de 1,000 francs (en 1886 et en 1894) et dépasser deux fois 1,800 francs (en 1888 et en 1899).

La production annuelle du métal ne subit pas de pareilles oscillations : après s'être développée lentement jusque vers 1860, elle a commencé à augmenter, à partir de cette date, avec une rapidité croissante. Depuis une vingtaine d'années, son accroissement a été d'une rapidité réellement extraordinaire. Pendant cette période, sauf dans les années 1882, 1886 et 1893 qui ont été signalées par des rétrogradations insignifiantes, l'augmentation a été en moyenne d'environ 14,000 tonnes par an. Si la dépression des cours n'a pas été plus accentuée, c'est surtout à cause de l'augmentation considérable de consommation due au développement de l'industrie électrique.

L'importance de la production du cuivre dans le monde est représentée, pour l'année 1899, par les chiffres ci-dessous :

	tonnes.		tonnes.
Allemagne	23,836	Mexique	19,427
Austro-Hongrie	1,529	Terre-Neuve	2,743
Espagne	55,750	République Argentine	66
Grande-Bretagne	559	Bolivie	2,540
Italie	3,048	Chili	25,400
Norvège	3,658	Pérou	5,248
Portugal	3,658	Afrique australe	6,594
Suède	528	Japon	28,001
Russie	6,096	Australasie	21,082
Canada	6,838		
États-Unis	263,685	TOTAUX	475,976

La métallurgie du cuivre était représentée à l'Exposition par un assez grand nombre de producteurs appartenant à des pays éloignés les uns des autres et employant des méthodes de travail fort diverses. Cependant les procédés de voie humide n'y figuraient pour ainsi dire pas, par suite de l'abstention des grandes exploitations de pyrite cuprifère du Midi de l'Espagne et du Portugal.

Parmi les procédés de voie sèche, l'ancienne méthode galloise fondée sur l'emploi exclusif du four à réverbère n'avait aucun représentant; il est bien rare, d'ailleurs, qu'elle soit appliquée aujourd'hui dans sa pureté primitive. Il eût été intéressant néanmoins de mettre en évidence les améliorations que les usines de Butte City (Montana) ont apportées à la fonte pour mattes par l'agrandissement des réverbères employés à cette opération.

La réduction des minerais oxydés au four à cuve a eu, dans l'Arizona, pendant une certaine période à partir de 1880, une importance considérable qui a décru rapidement à mesure que les mines s'approfondissaient et que la proportion des minerais sulfurés allait en diminuant. Parmi les exposants de la Classe 64, les United Globe Mines étaient la seule usine employant cette formule de traitement.

Aux usines du Boléo (Californie mexicaine), on obtient encore un peu de cuivre brut dans la fusion au four à cuve, mais la matte est devenue le produit principal de cette opération.

Presque toutes les formules actuellement en usage commencent par un grillage suivi d'une fusion pour mattes opérée au four à cuve; elles se terminent par un affinage et un raffinage du cuivre brut opérés au réverbère sans interruption. C'est dans la partie moyenne de l'ensemble des opérations, c'est-à-dire la transformation de la matte bronze en cuivre brut, qu'apparaissent de nombreuses variantes. Parfois cette transformation se fait par voie de fusion de la première matte au four à cuve, après grillage; d'autres fois, elle s'opère au réverbère, variante dont nous n'aurons à citer ici aucun exemple; tantôt enfin elle s'effectue au convertisseur, comme dans les usines de Röros, de Bisbee, etc. L'usine d'Eguilles (Vaucluse) mérite à cette occasion une mention spéciale parce qu'elle emploie un convertisseur d'un type nouveau, inventé par M. P. David, directeur de l'usine, et désigné par lui sous le nom de sélecteur.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Les procédés électrolytiques sont employés un peu partout pour la séparation des métaux précieux contenus dans le cuivre brut, mais c'est surtout aux États-Unis qu'ils ont pris un développement considérable. Certains des pays où la production métallurgique du cuivre a le plus d'importance, notamment l'Espagne, la Grande-Bretagne, l'Allemagne, l'Italie, le Chili, l'Afrique australe, l'Australie et la Tasmanie, n'étaient pas représentés.

La Russie ne l'était que par l'usine de Vouya, annexe des établissements de Nijni Taguil, appartenant aux Héritiers Paul Demidoff. Nous avons déjà eu l'occasion d'insister sur l'intérêt que présente la notice publiée à l'occasion de l'Exposition par M. Jaunez-Sponville, directeur de ces établissements. Il est regrettable que la métallurgie du cuivre à Kédabeg et Kalakent (Transcaucasie) n'ait pas figuré à l'Exposition, étant donné que l'emploi du naphte comme combustible lui donne un caractère tout spécial.

Parmi les vieilles exploitations européennes, les unes s'étaient abstenues, les autres n'exposaient que pour la forme. C'est ce dernier parti qu'avait adopté la vieille exploitation de Szomolnok (Schmöllnitz), appartenant actuellement à la Société des mines et hauts fourneaux de la Haute-Hongrie. Cette mine, dont l'exploitation remonte au commencement du XIIIe siècle, ne donne plus aujourd'hui que des pyrites à faible teneur en cuivre (55,000 tonnes par an) et des eaux cuivreuses desquelles on retire annuellement 20 tonnes de cuivre par cémentation.

Des échantillons de cuivre précipité et de sulfate de cuivre étaient annexés à l'exposition de la Société de la Haute-Hongrie dans la Classe 63.

A Fahlun (Suède), l'exploitation des mines de cuivre remonte à une époque au moins aussi lointaine qu'à Schmöllnitz; la société exploitante, connue sous le nom de «Stora Kopparberg» (la grande mine de cuivre), a conservé sa constitution depuis l'origine. Fondée vers 1225, elle a, depuis cette époque, produit 500,000 tonnes de cuivre, 16,500 tonnes d'argent et 1,200 kilogrammes d'or, le tout représentant une valeur de 1,400 millions de francs. Aujourd'hui les travaux ont atteint 360 mètres de profondeur; leur développement de galeries est d'environ 30 kilomètres, mais leur productivité n'est pas en proportion de leur grande étendue. La production annuelle du cuivre à Fahlun, qui avait dépassé 3,000 tonnes au cours du XVIIe siècle et représentait alors la moitié de celle du monde entier, n'est plus que de 400 tonnes de cuivre métallique et de 1,600 tonnes de sulfate de cuivre (soit en tout 450 tonnes de cuivre environ). On obtient en même temps, il est vrai, 400 kilogrammes d'argent, 100 kilogrammes d'or, 300 tonnes de sulfate de fer, 1,000 tonnes d'oxyde de fer vendu comme couleur rouge, enfin 3,000 tonnes d'acide sulfurique. Néanmoins l'exploitation des mines de Fahlun n'est plus aujourd'hui qu'un élément secondaire de l'activité de la Société de Stora Kopparberg. L'industrie du bois, celle de la pâte de bois et, plus récemment, la fabrication du papier, enfin la métallurgie du fer et de l'acier sont l'objet principal de cette société, dont l'actif représente actuellement une cinquantaine de millions de francs pour un capital nominal de 13,500,000 francs seulement. En fait, l'exposition de Stora Kopparberg dans la Classe 64, fort intéressante au point de vue sidérurgique, ne renfermait aucun spécimen concernant la métallurgie du cuivre.

Il en était autrement pour un autre établissement situé également dans la péninsule scandinave et d'une ancienneté déjà fort respectable, bien que notablement inférieure à celle des mines de Fahlun. La société minière dite Röros Kobberwœrk, dont le siège social est à Trondhjem (Norvège), fonctionne depuis l'année 1644, date de la découverte de l'une de ses mines, Storvartsgrube. Les autres mines qu'elle exploite actuellement ont été ouvertes, l'une, Kongensgrube, en 1657 et l'autre, Muggrube, en 1770. La mine Storvarts donne du minerai riche, tenant 7,20 p. 100 de cuivre en moyenne; Muggrube et Kongensgrube, des minerais renfermant 5 1/2 p. 100 de cuivre dans le cas de la première, 5 p. 100 dans celui de la seconde. Kongensgrube fournit en outre une certaine quantité de pyrite de fer cuprifère pour l'exportation, tenant 44 à 45 p. 100 de soufre, avec 3 p. 100 de cuivre dans les gros morceaux, 2 à 2.5 p. 100 dans les menus.

Il y a peu de temps encore l'installation des usines et des mines de Röros était des plus primitives; elle a subi une transformation complète. Les usines disposent d'une puissance électrique de 600 chevaux empruntée à la chute de Kuraasfossen; elles sont reliées au chemin de fer soit par des embranchements ordinaires, soit par des câbles aériens. Leur production est actuellement de 20,000 tonnes de minerai d'exportation et de 20,000 tonnes de minerai de fusion rendant 800 tonnes de cuivre.

Il y a une quinzaine d'années, le traitement métallurgique de Röros représentait encore l'ancienne formule suédoise dans son intégralité. Il comprenait un premier grillage effectué en tas, puis une fusion dans un four à cuve, de section carrée, muni de trois tuyères et d'un creuset extérieur. La matte obtenue était grillée en stalles, puis fondue pour cuivre noir dans un deuxième four à cuve, ne différant du précédent qu'en ce qu'il était muni d'un creuset intérieur. Le cuivre noir était enfin affiné et raffiné au bas foyer.

Cette méthode traditionnelle, n'exigeant que des fours très simples, construits avec des matériaux locaux, a été remplacée par une formule rappelant celle des grandes usines américaines. Après grillage, le minerai est fondu dans un four à cuve du type water-jacket; la matte obtenue, tenant environ 40 p. 100 de cuivre, est coulée directement dans un convertisseur cylindrique à axe horizontal et transformée en matte blanche. Un deuxième soufflage amène cette matte à l'état de cuivre noir, que l'on affine ensuite au réverbère.

Il est intéressant de rapprocher la composition des produits intermédiaires du travail actuel (A), tels qu'ils sont indiqués dans une note publiée à l'occasion de l'Exposition et celle qu'ils présentaient il y a une quinzaine d'années (B).

	PREMIÈRE MATTE.	
	(A.)	(B.)
	p. 100.	p. 100.
Soufre	23.89	24.83
Cuivre	39.70	22.95
Fer	26.16	48.21
Plomb	0.10	0.41
Zinc	1.30	1.82
Nickel et cobalt	0.20	Non dosés.
Manganèse	Non dosé.	0.28
Scorie incluse	8.81	1.48
TOTAUX	100.16	99.98

	SCORIE CORRESPONDANTE. (A.) p. 100.	(B.) p. 100.
Silice	22.76	35.86
Protoxyde de fer	62.78	46.78
Protoxyde de cuivre	0.81	0.49
Protoxyde de zinc et de manganèse	2.80	3.49
Alumine	4.76	4.77
Magnésie	2.36	3.63
Chaux	0.84	0.74
Alcalis	"	3.20
Soufre	3.15	2.66
TOTAUX	100.26	101.68
A DÉDUIRE la moitié du poids du soufre	1.58	1.33
RESTE	98.68	100.35
TENEUR EN CUIVRE MÉTALLIQUE	0.65	0.39

Les scories nouvelles sont beaucoup plus basiques que les anciennes; cette modification dans leur composition coïncide avec un degré plus avancé de concentration de la matte, dû évidemment à un grillage plus complet du minerai. La teneur en cuivre est un peu plus élevée, mais la différence n'est pas assez grande pour compenser les avantages que présente, pour la bonne marche des fours à cuve, l'obtention d'une scorie très ferrifère et par suite très fusible.

Les autres produits du traitement actuel diffèrent trop de ceux de l'ancien traitement pour qu'il y ait intérêt à rapprocher leurs compositions respectives. En ce qui concerne un de ces produits, la scorie du convertisseur, l'analyse ci-dessous a été donnée sans indication de la phase de l'opération à laquelle elle correspondait, production de la matte blanche ou production du cuivre noir :

Silice	13.54
Protoxyde de fer	61.80
Protoxyde de cuivre	11.30
Protoxyde de zinc et de manganèse	1.92
Alumine	4.19
Magnésie	1.94
Chaux	1.58
Soufre	3.21
TOTAL	99.48
A DÉDUIRE la moitié du poids du soufre	1.60
RESTE	97.88
TENEUR EN CUIVRE MÉTALLIQUE	9.04

Les produits des trois dernières phases de l'opération présentent la composition suivante :

	MATTE BLANCHE.	CUIVRE BRUT.	CUIVRE RAFFINÉ.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Cuivre	77.95	99.52	99.861 (par diff.)
Fer	1.03	0.001	0.03
Nickel	0.52	0.02	0.039
Zinc	Traces.	Traces.	//
Plomb	0.02	//	0.017
Argent	Non dosé.	0.025	0.053
Or	Non dosé.	0.0005	Non dosé.
Soufre	20.56	0.011	//
TOTAUX	100.08	99.5775	100.00

Les analyses ci-dessus mettent en évidence la pureté du cuivre obtenu dans les usines de Röros. Ces usines, qui occupent actuellement 700 ouvriers, ont produit depuis leur origine (1644) 75,000 tonnes de cuivre, représentant une valeur de 160 millions de francs et ont donné un bénéfice de 42 millions. Le Jury de la Classe 64 leur a décerné une médaille d'argent.

La métallurgie du cuivre ne joue qu'un rôle secondaire dans l'ensemble des établissements appartenant aux Héritiers Paul Demidoff, mais les formules suivies et les produits obtenus étaient bien mis en évidence dans l'exposition de ces établissements. Leur usine à cuivre, établie à Vouya, traite :

1° Un minerai argileux provenant de la mine du Mednoroudiansk, et contenant de petits fragments de malachite, de silicates et de phosphates de cuivre; sa teneur est de 3.5 à 4.5 p. 100 de cuivre;

2° Un minerai ferrugineux, de même origine, composé principalement de limonite renfermant des fragments de minerais cuivreux oxydés, avec des morceaux de cuivre natif et de pyrite cuivreuse. Sa teneur moyenne est de 3 p. 100;

3° Une diorite, de même origine, imprégnée de minéraux cuprifères, soit oxydés, soit sulfurés. Sa teneur est de 2 à 3 p. 100 de cuivre;

4° Une pyrite magnétique provenant d'Avrorinsk, mélangée de limonite et de débris de diorite. Sa teneur varie entre 4 et 5 p. 100 de cuivre;

5° Une pyrite magnétique provenant de la région Nord de la mine de Mednoroudiansk, et contenant des débris de diorite et de calcaire. Sa teneur est de 2 p. 100 environ.

Ce dernier minerai, qui est en morceaux alors que les autres sont à l'état de menu, était autrefois grillé d'abord, puis employé comme élément basique du lit de fusion. Aujourd'hui on préfère l'employer à l'état cru et ajouter aux charges une magnétite cuprifère, qu'on exploite dans la mine de fer de Vouissoka, située tout près de Mednoroudiansk. Cette magnétite tient 1.5 p. 100 de cuivre, c'est-à-dire un peu moins que la pyrite qu'elle remplace, mais son emploi est beaucoup plus économique, car elle n'exige aucun

grillage, revient par suite à un prix représentant 23 p. 100 seulement de celui de la pyrite grillée, et peut être employée dans la proportion de 20 p. 100 du lit de fusion total, tandis qu'il fallait 30 p. 100 de pyrite grillée pour donner des scories de basicité équivalente.

La composition du lit de fusion est réglée de manière à donner une scorie généralement plus basique qu'un protosilicate et d'un degré d'acidité compris entre 3/4 et 4/3, en comptant l'oxygène de l'alumine comme oxygène basique. L'oxygène de l'alumine représente fréquemment le tiers de l'oxygène total des bases, à cause de la forte proportion d'argile contenue à la fois dans le mélange de minerais et dans les cendres du combustible consommé.

Autrefois on employait exclusivement du charbon de bois, mais la rareté toujours croissante de ce combustible limitait la production. En 1884, on commença, en vue de lui substituer le coke provenant de la mine de Lounievka, des essais qui eurent un plein succès; le chiffre de production de ce dernier combustible limitait encore la quantité de minerai traitée annuellement. Après avoir employé une certaine proportion de coke ou d'anthracite du Donetz, on s'est décidé à mélanger au coke de Lounievka de la houille maigre provenant du même bassin. Cet essai a donné de bons résultats, bien que la teneur en cendres atteigne 20 p. 100 pour le coke et 30 p. 100 environ pour la houille. On emploie aujourd'hui un mélange composé d'un tiers de coke et deux tiers de houille crue.

Le four employé est un four à cuve en forme de tronc de cône, d'un diamètre de 1 m. 25 à l'axe des tuyères et de 1 m. 40 au gueulard : la hauteur utile, comptée d'un de ces niveaux à l'autre, est de 2 m. 20 et la profondeur du creuset, au-dessous de l'axe des tuyères, est de 0 m. 58.

Le gueulard est fermé, en dehors des périodes de chargement, au moyen d'un cône mobile en tôle, équilibré par des contrepoids, et muni d'une cheminée cylindrique s'emboîtant dans une gaine verticale.

Les tuyères sont au nombre de dix : elles forment deux groupes de cinq, séparés par deux intervalles de 0 m. 75 environ, mesurés extérieurement. L'un de ces intervalles est occupé par une embrasure voûtée, fermée ordinairement par un mur plan, au bas duquel se trouve un orifice de communication entre le creuset et l'avant-creuset du four. Les tuyères étaient jusqu'ici en fonte pleine; on va adopter pour ces organes un type refroidi par circulation d'air.

Le four est construit en briques rouges, moulées en forme de voussoirs; on a constaté en effet que les briques réfractaires, quatre fois plus coûteuses, ne duraient pas davantage. Les parois ont une épaisseur de brique, c'est-à-dire de 0 m. 22 environ : elles sont consolidées par un rail posé à plat dans chaque intervalle entre deux tuyères.

L'écoulement des scories se fait d'une manière continue à travers deux bassins successifs, le premier formant avant-creuset. La scorie, tenant 0.38 p. 100 de cuivre, est reçue dans des pots en fonte montés sur roues et définitivement rejetée, à l'exception de la fraction qui sort du four immédiatement avant la coulée de la matte et qui tient environ 2 p. 100 de cuivre. Cette fraction repasse dans le traitement.

La coulée de la matte a lieu toutes les 24 heures. Avant 1895, on laissait la matte liquide se solidifier sur le sol de l'usine; aujourd'hui on la coule dans un bassin tronconique en fonte, muni à sa partie inférieure d'un orifice assez étroit qui communique avec une sorte de lingotière allongée, en fonte également. La matte passe seule par l'orifice dans la lingotière, où elle se solidifie; il en reste un peu dans le premier bassin, avec la scorie qui vient toujours à la fin de la coulée. Cette scorie repasse dans le lit de fusion.

Après la coulée, il est nécessaire de nettoyer le creuset afin d'éviter le relèvement progressif de sa sole par l'accumulation de combustible menu, de scories et de grains ferreux. A cet effet, on démolit le petit mur qui ferme l'embrasure de coulée des scories, on engage dans les charges une plaque de fonte, soutenue par une barre transversale, on enlève les fragments de coke et le mélange de mattes et de scories qui se trouve au-dessous, on remplit au moyen de gros morceaux de coke le vide ainsi obtenu, puis on retire la plaque. La charge s'affaisse non pas sur le fond du creuset mais bien sur la couche de coke introduite, et risque beaucoup moins, par suite, d'adhérer à la sole. On referme le creuset et on donne le vent. Cette manière de procéder a quadruplé la durée des campagnes, qui n'était autrefois que d'une centaine de jours.

Les scories enlevées au cours du nettoyage tiennent environ 4 p. 100 de cuivre; elles repassent au traitement.

Les scories normales contiennent en moyenne 0.38 p. 100 de cuivre, avec 27 à 28 p. 100 de silice, 30 p. 100 de fer et 15 p. 100 d'alumine; elles sont rejetées.

La matte tient 22 à 23 p. 100 de soufre, 32 à 33 p. 100 de fer et 4 p. 100 de cuivre; elle est grillée en stalles jusqu'à ce que sa teneur en soufre soit réduite à 4 p. 100, puis fondue dans un four à cuve, à parois verticales, dont la section horizontale est un trapèze dont les angles obtus auraient été arrondis. Les tuyères, au nombre de huit, sont placées sur la face d'arrière, ayant 2 m. 20 de long; la dimension, dans le sens du vent, est de 0 m. 85. La profondeur du creuset est de 0 m. 53; la hauteur du four comptée des tuyères au gueulard est de 2 m. 25. Les parois ont une brique d'épaisseur; elles sont consolidées au moyen de rails à plat et de frettes horizontales.

Les dispositions de coulée sont analogues à celles du four de fusion pour mattes.

Comme fondants acides, on ajoute à la matte grillée des fonds de fourneaux, du minerai de cuivre siliceux trié spécialement à la main ou, à défaut de celui-ci, du minerai argileux, des scories d'affinage et de raffinage, enfin une partie des scories de l'opération elle-même.

Les produits de l'opération sont : 1° du cuivre noir, à 93 p. 100 Cu; 2° de la matte mince, tenant 55 p. 100 Cu; 3° des scories riches tenant de 2 à 6 p. 100 Cu.

La coulée du cuivre noir et de la matte se pratique quatre fois par 24 heures.

Les scories, qui coulent d'une manière continue, contiennent environ 20 p. 100 de silice, 65 p. 100 de protoxyde de fer, 5 p. 100 d'alumine, plus 2 à 6 p. 100 de cuivre. Une partie repasse dans l'opération elle-même; le reste va à la fonte pour mattes.

Les mattes minces sont grillées avec les premières mattes et fondues avec elles pour cuivre noir.

Ce dernier produit ne tient guère, en quantités notables, que du fer, du nickel, du cobalt et du soufre; l'arsenic et l'antimoine s'y rencontrent généralement en proportion insignifiante.

L'affinage et le raffinage du cuivre brut s'effectuent aujourd'hui dans des réverbères munis soit de régénérateurs Siemens, soit de récupérateurs à circulation continue. Les premiers sont du type usité en Suède; les seconds ont une sole sensiblement circulaire, de 3 m. 65 de diamètre et peu profonde, car le point le plus bas, au voisinage du trou de coulée, est à 0 m. 15 seulement au-dessous du seuil de la porte de travail. La combustion s'effectue, à une des extrémités de la sole, au moyen d'un brûleur à quatre canaux plongeants, deux pour l'air et deux pour le gaz, comme dans les fours Siemens-Martin. La récupération de la chaleur est obtenue par circulation horizontale des gaz brûlés dans le sens longitudinal et de l'air secondaire dans le sens transversal, à l'intérieur d'une chambre ayant environ 5 m. 25 de long, 2 mètres de large et 1 m. 50 de haut.

Au cours de l'opération, on procède à six décrassages. La teneur des scories en cuivre varie entre 16 et 20 p. 100 au début du travail, 32 et 45 p. 100 vers la fin. On termine le raffinage par une addition de phosphore rouge; on évite ainsi la production de soufflures et on obtient un cuivre de résistance supérieure. Ce métal ne retient que des traces de phosphore, 0.001 p. 100 environ; il renferme une quantité très faible d'arsenic.

La production annuelle du cuivre à Vouya a beaucoup varié dans le courant du XIXe siècle. De 34 tonnes seulement en 1814, elle s'est élevée progressivement au chiffre de 3,249 en 1852 pour redescendre à 490 tonnes en 1881. Depuis cette époque elle s'est relevée lentement d'abord, puis plus rapidement à partir de 1897 et a finalement atteint, en 1899, le chiffre de 1,871 tonnes. Ses variations ont été en corrélation non pas avec la production de minerai, mais bien avec la quantité disponible de combustible; si, après le minimum de 1881, la production a repris une marche ascendante, c'est qu'on a commencé à employer la houille en 1882 et le coke en 1883; de même, la nouvelle reprise d'activité qui s'est manifestée depuis 1897 est due à l'emploi de la houille maigre pour la fusion au four à cuve.

La métallurgie du cuivre a contribué à faire décerner aux établissements Paul Demidoff le grand prix dont il a été fait mention plus haut.

La production du cuivre aux États-Unis, qui représente plus de la moitié de celle du monde entier, était assez incomplètement représentée. Des trois grands districts producteurs, le plus important, c'est-à-dire le Montana, ne figurait pas à l'Exposition. Le Michigan, qui vient au deuxième rang, n'était représenté que par quelques échantillons de la mine Tamarack. Le troisième, par ordre d'importance, l'Arizona, présentait, au contraire, une exposition fort intéressante, organisée collectivement par les trois principales sociétés exploitantes : la Copper Queen Consolidated, à Bisbee; The Detroit

Copper Company, à Morenci, et The United Globe Mines, à Globe. Deux autres centres, ceux de Clifton (Arizona Copper Company) et de Jerome (United Verde Mines), s'étaient abstenus.

Des trois sociétés exposantes, les United Globe Mines seules appliquent encore la formule qui était, à l'origine, la seule en usage dans le district, c'est-à-dire la réduction directe des minerais oxydés au water-jacket, avec production directe de cuivre noir à 96 p. 100, sans matte. Cette formule simple n'est pas précisément avantageuse quand on l'applique à des minerais très siliceux et peu fusibles, comme ceux des mines du district de Globe, situées loin des grandes voies de communication et manquant de fondants ferrugineux ou calcaires. Les scories du water-jacket tiennent dans ce district 2 p. 100 de cuivre en moyenne, tandis que les autres usines de l'Arizona, travaillant des minerais plus fusibles, où les sulfures prédominent, peuvent réduire à 0.5 p. 100 cette proportion. L'écart est assez grand pour compenser largement l'économie réalisée sur les frais d'extraction du cuivre de la matte.

Les usines de Bisbee, de Clifton et de Morenci traitent au convertisseur les mattes à 50 p. 100, seul produit qu'elles obtiennent aujourd'hui au water-jacket. Les minerais qui alimentent ces divers établissements sont de nature assez différente. A Clifton et Morenci, le minerai est relativement siliceux et les minéraux du cuivre, soit sulfurés, soit carbonatés, y sont très disséminés dans la gangue : on doit donc les concentrer par préparation mécanique. Le minerai brut tient environ 5 p. 100 de cuivre, avec une quantité de métaux précieux trop faible pour qu'il y ait intérêt à les extraire. Son acidité oblige à ajouter au lit de fusion une certaine proportion de calcaire et d'oxyde de fer.

La fusion s'effectue, à Morenci, dans trois water-jackets de 3 m. 05 de longueur intérieure sur 1 m. 12 de largeur; la matte produite est envoyée directement à deux convertisseurs du type cylindrique, à axe horizontal. Le revêtement de ces convertisseurs est fait avec un minerai argileux tenant 54 p. 100 de silice, 20 p. 100 d'alumine et 7 p. 100 de cuivre. Le métal contenu dans ce revêtement passe progressivement dans la matte. On consomme, pour cet usage, 300 tonnes environ de minerai par convertisseur et par mois.

L'usine de Clifton, appartenant à l'Arizona Copper Company, interpose, entre le water-jacket et le convertisseur, un four à réverbère qui fonctionne d'une manière analogue aux mélangeurs de la sidérurgie. On avait essayé de faire séjourner quelque temps les scories de convertisseur dans cet appareil pour les appauvrir en cuivre, mais on a trouvé préférable de les renvoyer au water-jacket.

L'usine de Bisbee, appartenant à la Copper Queen Company, est la plus importante de la région, car elle produit environ 18,000 tonnes de cuivre par an; elle peut être prise pour type de la métallurgie du cuivre dans l'Arizona.

Les minerais qui l'alimentent sont en partie oxydés, en partie sulfurés; ils contiennent en moyenne 8 p. 100 de cuivre, après triage, avec de petites quantités d'or et d'argent. Leur gangue est tantôt argileuse, tantôt ferrugineuse : on arrive donc assez facilement à obtenir un mélange fusible, donnant une matte à plus de 50 p. 100 de

cuivre. On grille une très petite portion du minerai, dont la teneur en soufre est relativement élevée. Cette opération se pratique dans deux fours rotatifs, passant chacun 8 tonnes par jour; elle abaisse la proportion de soufre de 45 p. 100 à 8 p. 100.

Les fours de fusion sont des water-jackets rectangulaires, au nombre de quatre, ayant, comme ceux de Morenci, 3 m. 05 sur 1 m. 12 au niveau des tuyères et s'élargissant progressivement de ce niveau à celui du gueulard. On passe dans chacun, par 24 heures, 160 tonnes de minerai, plus les scories riches provenant des autres opérations. La composition des charges est la suivante (en kilogr.) :

Minerai oxydé, tenant un peu de soufre	680
Minerai argileux pauvre	450
Minerai sulfuré cru	450
Minerai grillé	45
Total	1,625

Après dix charges de minerai en morceaux, on en intercale une de briquettes faites avec du minerai menu, des poussières de carneaux et du menu coke. Les analyses ci-dessous donnent la composition comparative d'une charge moyenne et de la scorie correspondante :

	Charge. — p. 100.	Scorie. — p. 100.
Cuivre	9.1	0.6
Silice	17.1	33.8
Alumine	5.4	13.5
Chaux	Traces.	1.11
Soufre	16.44	1.1
Fer	29.7	37.7
Manganèse	0.58	1.95
Zinc	Traces.	Néant.
Plomb	Traces.	Néant.
Argent	0.0031	Traces.
Or	Traces.	Néant.
Eau hygrométrique	9.2	Néant.
Oxygène (par diff.)	12.4769	(FeO) — 10.77 (MnO) — 0.57
Totaux	100.00	101.10

On consomme 12.5 p. 100 de coke de Trinidad (Colorado), combustible très impur et tenant plus de 20 p. 100 de cendres. Le lit de fusion est assez basique pour que l'introduction d'une pareille proportion d'éléments acides n'ait pas d'inconvénient.

Les matières fondues qui sortent d'un water-jacket s'écoulent à travers deux réservoirs successifs, en fonte, montés sur tourillons; la scorie, sortant du second, se déverse dans des pots de 2 tonnes qu'une grue électrique dépose sur une plate-forme montée

sur rails. La même grue enlève la poche dans laquelle on déverse le contenu des réservoirs, quand ils sont remplis de matte, et transporte cette poche à l'un des convertisseurs.

Ceux-ci sont du type cylindrique à soufflage latéral, de 2 m. 40 de long et de 1 m. 67 de diamètre; ils sont soufflés sous une pression de 0 m. 40 de mercure et peuvent traiter par 24 heures de 30 à 40 tonnes de matte tenant 50 p. 100 de cuivre. Si la pression du vent était moindre, l'affinage se ferait beaucoup plus lentement.

Le revêtement des convertisseurs se fait au moyen de quartz aurifère, provenant du Mexique, et d'argile un peu cuprifère, provenant de la mine. Il doit être réparé au bout de quatre opérations.

Chaque opération comprend deux soufflages successifs pour matte blanche, suivis d'un soufflage pour cuivre noir. On introduit une charge de matte tenant de 53 à 55 p. 100 de cuivre, avec un peu de zinc, de plomb, de nickel et de simples traces d'arsenic et d'antimoine, on l'amène à l'état de matte blanche, tenant 79 p. 100 de cuivre, puis on incline le convertisseur pour évacuer la scorie produite et verser une nouvelle charge de matte à 55 p. 100. On recommence le soufflage; après avoir ramené le bain à l'état de matte blanche, on coule les scories aussi complètement que possible, en tirant au râble la partie trop visqueuse pour s'écouler d'elle-même; enfin, on souffle de nouveau jusqu'à production de cuivre noir, tenant 98 à 99 p. 100 de cuivre, avec 0.15 à 0.18 p. 100 de fer et des proportions encore moindres de plomb et de nickel. L'antimoine et l'arsenic sont réduits à 0.02 p. 100 environ; l'argent se trouve dans la proportion de 420 grammes, l'or, dans celle de 7 à 8 grammes par tonne. Le métal est vendu aux usines de raffinage électrolytique.

Les scories de l'opération ont une composition assez constante; elles contiennent de 33 à 40 p. 100 de silice, de 45 à 50 p. 100 de fer et de 3 à 6 p. 100 de cuivre. Elles sont renvoyées au premier réservoir de coulée des water-jackets où elles s'appauvrissent en cuivre en réagissant sur la matte.

Les diverses phases du traitement qui vient d'être décrit étaient mises en évidence dans la remarquable exposition collective établie par les soins de M. James Douglas, dont l'initiative a contribué dans une très large mesure au développement de l'industrie du cuivre dans l'Arizona. La Copper Queen Mining Company a obtenu un grand prix dans la Classe 64.

Le traitement appliqué aux mines du Boléo (Californie mexicaine) présente d'assez grandes analogies avec celui pratiqué dans l'Arizona, dans sa première partie du moins; il a subi progressivement des transformations analogues. Au début, la fusion au four à cuve, opération à laquelle le traitement se trouvait réduit, ne donnait guère que du cuivre brut et des scories, mais le développement progressif de l'exploitation en profondeur a donné lieu à une augmentation correspondante de la proportion relative de matte. Aujourd'hui l'on obtient des deux tiers aux trois quarts du cuivre total sous forme de matte à une teneur de 60 à 65 p. 100.

Dès l'origine on avait obtenu une certaine quantité de matte avec le cuivre brut. Les zones superficielles du gîte contenaient en effet une forte proportion de sulfate de

chaux, accompagnant des silicates, carbonates et oxychlorures de cuivre; une partie de ce sulfate se réduisait au four à cuve et donnait lieu à la formation de matte.

Dans les zones profondes du gisement, le cuivre est à l'état de mouches de sulfure noir, si finement disséminées dans une gangue argileuse que la concentration par lavage est pratiquement impossible. On est donc obligé de passer tout à la fusion. Cette opération s'effectuait facilement à l'origine, quand on exploitait des minerais relativement riches en oxydes de fer et de manganèse. Elle est devenue de plus en plus difficile, à mesure que la proportion relative des minerais siliceux introduits dans les lits de fusion a dû être augmentée pour permettre l'accroissement de la production, quadruplée au cours des dix dernières années.

Pour atténuer les inconvénients résultant du changement de la composition moyenne des minerais disponibles, on a développé le triage autant que possible : cette opération s'effectue sur des toiles sans fin. De plus on a cherché à faciliter la marche des fours en séparant complètement le menu par deux criblages successifs sur grilles inclinées, effectués l'un à la mine au chargement en wagons, l'autre à la fonderie, à la sortie du minerai des trémies où il est emmagasiné, immédiatement avant le chargement dans le four. Les menus ainsi séparés représentent 56 p. 100 du total; on les agglomère en boulets ovoïdes, sans addition d'aucune sorte, au moyen de machines munies de cylindres à alvéoles, passant chacune 25 tonnes à l'heure et absorbant 33 chevaux. Cette opération, qui ne coûte que 1 franc par tonne, a permis de réduire la pression du vent de 0 m. 72 d'eau à 0 m. 42.

Autrefois on fondait les minerais sans addition. L'augmentation de la silice et la diminution des oxydes de fer et de manganèse dans leur composition moyenne ne permettent plus de procéder ainsi. Après avoir essayé d'introduire dans le lit de fusion des rognures de fer-blanc, dans la proportion de 0.5 à 2 p. 100, et d'augmenter ainsi la perméabilité de la charge pour le vent, on a dû prendre le parti d'ajouter de 5 à 10 p. 100 de calcaire. Malheureusement ce calcaire, exploité près de la fonderie, est d'un emploi peu avantageux, car il contient 18 p. 100 de silice pour 42 p. 100 de chaux.

Le coke est amené de Westphalie ou du South Wales par des voiliers faisant le tour du cap Horn; il donne, dans ce long transport, une certaine proportion de menu qui est séparé avec soin et brûlé sous les chaudières, sur des grilles soufflées. La proportion de coke consommée dans les fours à cuve représente 15 p. 100 du poids du lit de fusion.

Les fours employés sont de grands water-jackets rectangulaires ayant 3 mètres de long et 0 m. 90 de large au niveau des tuyères. Leurs parois sont formées de bâches à eau sur 1 m. 75 de hauteur, depuis 0 m. 375 au-dessous de l'axe des tuyères jusqu'à 1 m. 375 au-dessus. Les deux petites faces sont verticales sur toute leur hauteur; les deux grandes s'inclinent vers l'extérieur un peu au-dessus des tuyères et forment ainsi des étalages à très forte pente jusqu'au niveau où le four atteint une largeur intérieure de 1 m. 24, c'est-à-dire vers 0 m. 70 au-dessus de l'une des tuyères; elles redeviennent ensuite verticales.

Au-dessus des bâches à eau se trouve une cuve à parois verticales, de 1 m. 40 de haut, portant à 2 m. 775 la hauteur totale au-dessus de l'axe des tuyères.

En réalité, la hauteur utile est réduite de 0 m. 45 par le plongement à l'intérieur des charges, au-dessous de la plate-forme du gueulard, du canal rectangulaire de prise de gaz, ayant en plan 2 m. 40 sur 0 m. 60. Au-dessus du gueulard, ce canal se resserre dans le sens longitudinal jusqu'à ce que sa section devienne un carré de 0 m. 60 de côté; il se raccorde ensuite avec une galerie horizontale de grand développement qui va aboutir à une cheminée.

La galerie sert de chambre de condensation pour les poussières, dont la proportion a d'ailleurs beaucoup diminué depuis qu'on pratique l'agglomération des menus; de 5 p. 100 du poids chargé, elle s'est réduite à 0.5. Au moment où l'on procède au nettoyage de la galerie, les fumées sont dirigées dans l'atmosphère par une petite cheminée prolongeant la hotte centrale.

La construction des water-jackets avait donné lieu primitivement à des difficultés assez sérieuses. Les premières bâches à eau présentaient sur leur face interne des rivures suivant lesquelles se produisaient des fuites; comme l'on employait de l'eau de mer pour le refroidissement, cette eau, coulant à l'intérieur du four, amenait une volatilisation du cuivre sous forme de chlorure. Après avoir essayé de substituer le cuivre au fer, on est revenu à l'emploi de la tôle d'acier, emboutie de manière à éviter les rivures intérieures.

D'autre part, on introduit l'eau froide par des orifices situés à 0 m. 30 seulement au-dessous du bord supérieur des bâches, niveau auquel s'évacue l'eau chaude. On obtient ainsi une température assez uniforme sur toute l'étendue verticale des parois métalliques.

Ces diverses modifications ont permis d'assurer aux bâches une durée de plusieurs années.

Les fours actuels ont neuf tuyères sur chaque grande face, alors que les anciens n'en avaient que cinq; cet accroissement de leurs dimensions a permis d'élever à 145 tonnes la quantité de minerai traitée par vingt-quatre heures, alors qu'elle n'était que de 75 à 80 tonnes avec les anciens fours, d'augmenter la régularité de l'allure et de réduire les consommations de combustible et de main-d'œuvre. Le soufflage se fait au moyen de ventilateurs Root, alimentant une conduite générale unique, sous la pression de 0 m. 42 d'eau, à raison de 10 mètres cubes d'air par kilogramme de coke brûlé.

Le creuset du four est en briques, revêtu de tôle extérieurement; il repose sur une plaque de fonte, supportée par des colonnes de fonte à 0 m. 60 au-dessus du sol d'usine. Il présente, au milieu de chacun des longs côtés, un trou de coulée pour le cuivre et la matte, et, sur chaque petit côté, un orifice de coulée pour la scorie. Celle-ci s'écoule, d'une manière à peu près continue, dans de grands récipients en fonte, montés sur roues, d'une capacité de 20 tonnes et placés entre deux fours, au fond d'une fosse d'où on peut les remonter en les tirant sur un plan incliné. Les grenailles métalliques entraînées se concentrent au fond de ces pots.

La coulée du cuivre et de la matte se fait de temps en temps, dans des lingotières.

Les deux produits se séparent par différence de densité; on les détache à coups de masse après solidification. Ils sont expédiés tels quels aux usines européennes.

Parmi ces usines, nous devons citer celle de la Compagnie française des métaux, à Givet, qui consomme une quantité considérable de matte du Boléo. Elle la traite pour cuivre noir au réverbère; l'opération dure de quarante-huit à soixante heures suivant la proportion de corps étrangers contenue dans la matte. Le cuivre noir obtenu contient environ 3 p. 100 de fer, 1 p. 100 de nickel et de cobalt, 5 à 8 p. 100 de soufre et seulement des traces d'arsenic et d'antimoine. Ces impuretés disparaissent presque complètement dans l'affinage au réverbère; le cuivre obtenu est très ductile et sert spécialement à la fabrication des tubes et des foyers de locomotives.

Les analyses ci-dessous, publiées par la Compagnie du Boléo, complètent les indications précédentes sur le traitement métallurgique subi par les minerais :

DÉSIGNATION.	COMPOSITION MOYENNE DU MINERAI DE LA MINE PROVIDENCE.		COMPOSITION DE LA SCORIE DU WATER-JACKET.	
	En 1889.	En 1900.	En 1889.	En janvier 1900.
Humidité	21,88	29,50	//	//
Perte au feu	18,33	12,02	//	//
Silice	18,71	29,41	43,68	50,98
Alumine	2,31	8,31	7,09	15,88
Oxyde de fer	8,94	4,24	14,74	10,99
Oxyde de manganèse	12,35	3,04	18,52	6,72
Chaux	3,33	1,82	5,64	8,00
Magnésie	4,64	2,72	6,75	6,23
Oxyde de cuivre	7,57	6,44	1,02	1,06
Soufre	1,88	1,90	//	//
Totaux	99,94	99,40	99,33	99,86
Cuivre métallique	6,60	5,14	0,83	0,85

	CUIVRE NOIR.	MATTE.	CUIVRE AFFINÉ OBTENU À GIVET avec la matte.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Cuivre	96.250	63.86	99.749
Soufre	0.767	22.35	0.016
Manganèse	//	2.12	//
Fer	0.837	10.02	0.024
Zinc	0.422	//	0.075
Nickel	0.230	0.49	
Cobalt	0.325		
Plomb	0.422	Non dosé	0.002
Bismuth	//	0.14	néant.
Argent	?	0.02	0.028
Arsenic	?	0.01	0.005
Antimoine	0.013	0.08	0.020
Phosphore	0.012	//	//
Silice	//	0.78	//
Chaux et magnésie	//	0.08	//
Total	99.278	99.95	99.919

L'installation de la fonderie de la Compagnie du Boléo, à Santo Rosalia, a été faite de manière à réduire autant que possible les dépenses de main-d'œuvre. En arrière des sept fours de fusion se trouve une série de réservoirs dans lesquels le minerai, amené par voie ferrée d'une distance de 3 à 15 kilomètres, se décharge automatiquement; le coke est emmagasiné de la même manière. Des wagonnets métalliques, circulant au niveau du plancher du gueulard du four, reprennent les matières et les déversent dans les fours, après pesée sur des bascules enregistreuses.

L'enlèvement des scories, coulées dans des pots de 20 tonnes environ, se fait au moyen d'une locomotive qui amène les pots à un atelier spécial. Là on coule les scories en blocs de 10 tonnes qu'on laisse refroidir lentement; ces blocs, d'une densité moyenne de 3.5, servent à construire la partie supérieure d'une jetée; ils sont mis en place au moyen d'une grue, sur un soubassement de galets. La longueur de jetée construite par cette méthode est déjà de 590 mètres dont 190 parallèles à la côte; la partie abritée atteint les fonds de 10 mètres.

La Société du Boléo a obtenu un grand prix dans la Classe 64.

Une autre usine mexicaine, celle d'Aguas Calientes, traite une quantité assez importante de minerais de cuivre argentifères, bien que la métallurgie du plomb constitue son objet principal.

Les minerais de cuivre sont fondus au four à cuve et la matte produite est affinée au convertisseur. Les fours à cuve, au nombre de trois, peuvent passer chacun 160 tonnes par jour : les minerais que l'on y traite contiennent de 8 à 12 p. 100 de soufre et ne semblent pas avoir subi de grillage préalable. Les scories produites renferment 38 p. 100 de silice, 28 à 29 p. 100 de protoxyde de fer et 22 p. 100 de chaux.

La matte est transformée en cuivre brut à 99 p. 100 Cu, dans deux convertisseurs dont le revêtement est fait avec un mélange de minerais argentifères, les uns quartzeux, les autres argileux, provenant du district de Pachuca. On arrive ainsi à récupérer, par voie de dissolution dans le cuivre, l'argent que contient le revêtement.

Le soufflage est effectué, sous la pression de 1 kilogr. 4, au moyen d'un compresseur à pistons, conduit par un moteur Corliss, de 250 chevaux. Les coulées sont de 20 tonnes de cuivre brut : chaque opération dure de trois à six heures.

La production annuelle moyenne des quatre dernières années a été de 3,160 tonnes de cuivre brut. Ce métal est envoyé, comme le plomb argentifère à l'usine de la maison Guggenheim à Perth Amboy (New-Jersey).

Le Japon possède encore des usines à cuivre, telles que celles de Koïzumi, qui n'emploient pour les fusions successives que des bas foyers, mais ces usines n'avaient envoyé à l'Exposition aucun échantillon de leurs produits. La seule usine exposante, celle de Hibira (île de Kiou Siou), emploie des fours Pilz pour effectuer la fonte pour matte et de grands bas foyers rectangulaires pour la transformation de cette matte en cuivre noir.

Elle traite des minerais contenant de la chalcopyrite, de la pyrite de fer et du quartz, à une teneur de 5 p. 100 de cuivre en moyenne.

Ces minerais sont grillés en tas ou en stalles couvertes, avec une consommation de

2.5 p. 100 de combustible, puis passés dans deux fours Pilz; la consommation dans ces fours est de 112 kilogrammes de coke et 53 kilogrammes de charbon de bois par tonne de minerai grillé. La matte produite est affinée pour cuivre dans des bas foyers carrés connus au Japon sous le nom de *mabukidoko*. Ces foyers sont excavés dans le sol et construits en maçonnerie avec revêtement intérieur en briques. Ils ont environ 0 m. 60 de côté avec une profondeur de 0 m. 45. Ils sont munis de tuyères latérales horizontales de 0 m. 05 de diamètre, et d'une tuyère plongeante, de 0 m. 06 de diamètre, placée au fond du four. Celle-ci sert à oxyder le bain; les autres sont utilisées pendant la période de raffinage. On y brûle environ 90 kilogrammes de coke et 150 kilogrammes de charbon de bois pour affiner une tonne de matte.

L'usine de Hibira produit annuellement 600 tonnes environ de cuivre brut tenant Cu, 99.30 p. 100: Fe, 0.01 p. 100; Ni, 0.11 p. 100; Co, 0.05 p. 100; Sb, 0.007 p. 100; S, 0.51 p. 100.

Ce cuivre est exporté pour la plus grande partie.

M. Masataku Naïtô, exploitant de l'usine d'Hibira, a obtenu une mention honorable.

Les autres usines japonaises produisant du cuivre appliquent des formules très diverses. A Besshi (production : 2,425 tonnes en 1897) on emploie dans l'usine de Besshi même la méthode usitée à Hibira, dans l'usine annexe de Niibama, la méthode suédoise. Cette deuxième formule est adoptée exclusivement à Ani (production : 1,098 tonnes de cuivre en 1897). A Ashio, établissement plus important encore que les précédents puisqu'il a produit près de 6,000 tonnes de cuivre en 1897, on traite au convertisseur les mattes obtenues au four à cuve. Ces usines importantes n'ayant rien exposé, nous renverrons, pour tous détails sur leur fonctionnement, à l'intéressant volume publié sous le titre *Les Mines du Japon* par la Commission impériale.

La même publication donne des renseignements sur les usines de Kosaka et d'Arakawa, qui avaient envoyé des échantillons de cuivre, sans figurer cependant au catalogue. La première traite des minerais très argentifères; elle applique d'abord le procédé Augustin à une partie de ces minerais et grille le reste en stalles couvertes. Le tout est aggloméré en briquettes, et fondu dans des water-jackets rectangulaires, à extrémités arrondies, ayant 2 m. 55 de long et 1 m. 35 de large. Les mattes, coulées en plaques minces, puis finement broyées, sont grillées au réverbère, agglomérées en briquettes et fondues dans des fours Pilz de 0 m. 90 de diamètre aux tuyères; ces fours donnent une matte riche qui est grillée et fondue une deuxième fois. On obtient ainsi un cuivre brut argentifère et aurifère d'où l'on extrait les métaux précieux par la méthode de liquation plombeuse. La production de cuivre dans cette usine est peu importante, car elle a été de 123 tonnes seulement en 1897, mais celle d'argent a été de 6,098 kilogrammes dans la même année. L'usine d'Arakawa, dont la production correspondante a été de 337 tonnes de cuivre, travaille suivant la même formule que celle d'Hibira.

Sélecteur Paul David. — Le convertisseur est aujourd'hui un appareil d'usage courant dans la métallurgie du cuivre. Nous avons eu déjà l'occasion de mentionner son

emploi à l'usine de Röros et dans l'Arizona. Mais jusqu'à ces derniers temps, tous les convertisseurs employés pour le traitement des mattes cuivreuses étaient munis de tuyères latérales. Depuis les expériences faites par M. Manhès à Eguilles, de 1881 à 1883, personne ne discutait la nécessité d'introduire le vent dans la matte liquide, au-dessus du bain de cuivre métallique; celui-ci se serait solidifié immédiatement, croyait-on, au contact de l'air froid. Les obstructions qui se produisaient fréquemment au cours du soufflage à travers la matte semblaient fournir une preuve suffisante de l'exactitude de cette théorie.

L'usine d'Eguilles, où elle avait été établie, est arrivée aujourd'hui à la modifier considérablement à la suite d'une série d'études ayant pour objet principal la séparation des impuretés et des métaux précieux contenus dans les mattes cuivreuses. Ces études ont abouti à la création d'un type spécial de convertisseur désigné sous le nom de *sélecteur* par son inventeur, M. Paul David, directeur de la Société des cuivres de France, qui exploite actuellement l'usine d'Eguilles.

Le sélecteur Paul David est monté sur un chariot à quatre roues, comme le convertisseur cylindrique à axe horizontal, mais ses dispositions générales se rapprochent plutôt de celles adoptées par Bessemer pour l'affinage de la fonte. Son enveloppe extérieure, en tôle rivée, est de forme sphérique : elle peut tourner autour d'un axe incliné à 30 degrés environ. Son mouvement de rotation est guidé par un tourillon creux, servant à assurer l'introduction du vent, et par une ceinture en fer, qui correspond à l'équateur de la surface sphérique et roule sur des galets. La boîte à vent d'une part, la tubulure servant à l'évacuation des gaz, d'autre part, se trouvent placées aux deux extrémités d'un diamètre que l'on peut placer dans une position verticale.

Sur l'hémisphère de l'enveloppe situé du côté du gueulard du convertisseur, au voisinage de celui-ci, on a ménagé un renflement latéral qui doit correspondre à la partie la plus basse de l'appareil au moment où se produit le déversement du contenu, par suite de l'inclinaison de l'appareil d'un côté déterminé, vers la gauche, par exemple. Ce renflement permet de ménager dans la paroi interne du convertisseur une cavité dans laquelle les éléments les plus denses du bain liquide viendront naturellement se réunir. Un trou de coulée, ménagé au fond de cette cavité, permettra d'évacuer au dehors la fraction de la masse totale que l'on aura ainsi séparée. C'est cette disposition qui a motivé le nom de sélecteur, donné à l'appareil. Le revêtement est en pisé siliceux, comme d'ordinaire; la cavité intérieure est limitée par une surface de révolution, de profil pyriforme, disposée de manière que son axe soit vertical quand le convertisseur est dans la position de soufflage.

Les tuyères sont réparties sur le fond suivant un certain nombre de génératrices d'un hyperboloïde de révolution et présentent une inclinaison assez faible sur la verticale. Le soufflage se fait donc à travers le cuivre métallique, dès que celui-ci a commencé à se séparer du bain liquide. Cette manière de procéder ne semble pas donner lieu à une obstruction fréquente des tuyères, tant s'en faut, car un des avantages revendiqués en faveur de la disposition nouvelle est une facilité plus grande pour le passage du vent et

IMPRIMERIE NATIONALE.

une diminution marquée des projections qui peuvent s'effectuer par le gueulard. Il est vrai qu'on explique ces résultats, en contradiction avec les principes de l'ancien brevet Manhès, par l'influence de l'inclinaison des tuyères sur l'axe de l'appareil. Cette inclinaison provoquerait, paraît-il, dans le bain de matte un mouvement giratoire qui empêcherait les obstructions de se former. Il est permis de mettre en doute l'efficacité de ce détail de construction et de se demander si un brassage provoqué par une ascension verticale du courant gazeux, avec descente du courant liquide le long des parois, ne serait pas tout aussi efficace qu'un mouvement giratoire provoqué par une inclinaison des tuyères ne dépassant pas quelques degrés par rapport à la verticale. En réalité, la pratique a conduit à appliquer aux convertisseurs à cuivre les dispositions générales adoptées, il y a une quarantaine d'années, par Bessemer, pour les convertisseurs à acier. Dans l'un comme dans l'autre cas, le soufflage par le fond est la solution la plus satisfaisante, tant au point de vue de la bonne utilisation du vent qu'à celui de la conservation du revêtement. Cette solution présente un seul inconvénient, celui d'exiger une pression de vent notablement plus forte que le soufflage latéral, mais les suppléments de frais entraînés par l'augmentation de puissance des machines sont plus que compensés par l'économie et la rapidité de travail

Le fonctionnement du sélecteur, comparé à celui de l'ancien convertisseur à soufflage latéral, ne présente de différences essentielles qu'à partir du moment où la matte s'est enrichie en cuivre au delà d'une teneur de 80 p. 100 et où le métal commence à se séparer. Jusque-là la marche du travail est sensiblement identique. Le convertisseur, amené devant le four à cuve servant à la fusion des minerais, est placé de manière que son axe soit horizontal, la poche latérale se trouvant du côté supérieur il reçoit alors sa charge normale de matte liquide. Il est ramené au-dessous de la hotte servant au dégagement du gaz et son tourillon creux est raccordé avec la conduite de vent. On commence à souffler, puis on ramène l'axe du convertisseur dans la position verticale : l'air, traversant le bain de matte, oxyde d'abord le sulfure de fer; un éclaircissement très marqué de la flamme indique le moment où il ne reste plus dans l'appareil que du protosulfure de cuivre. Si, à partir de ce moment, on continue le soufflage pendant une courte période, on provoque la séparation d'une petite quantité de cuivre impur, entraînant à la fois l'arsenic et l'antimoine qui ne se sont pas volatilisés antérieurement, la totalité de l'or contenu dans le bain et une fraction relativement faible de l'argent. Cette séparation aura donc le double avantage d'assurer une épuration complète de la masse principale du cuivre et de permettre d'extraire l'or, même en très faible proportion, grâce à la concentration de ce métal précieux dans une quantité de cuivre relativement faible.

Pour la réaliser pratiquement, on commence par couler la scorie au moment où l'élimination du fer vient d'être terminée; on termine l'enlèvement de cette scorie au rable, on redresse le convertisseur et on recommence le soufflage pendant quelques minutes, puis on incline l'appareil de manière à ce que sa poche latérale se trouve en dessous du convertisseur. Après un repos de deux ou trois minutes, le cuivre impur s'est réuni dans la poche latérale; on perce le trou de coulée et on le rebouche

avec un tampon en terre réfractaire, dès qu'on voit arriver la matte. Pour faciliter la coulée suivante, on enfonce dans le bouchage une broche en bois assez longue pour arriver au contact du bain de matte; cette broche se carbonise lentement au cours de l'opération.

On redresse ensuite l'appareil et on souffle jusqu'à obtention de cuivre brut tenant de 98 à 99.5 p. 100 de cuivre métallique. La coloration rouge sombre de la flamme et des projections de petits globules de cuivre métallique indiquent le moment où ce résultat est obtenu. La coulée de cuivre brut se fait dans des lingotières disposées sur un wagonnet.

Avec une pression de vent s'élevant à 35 centimètres de mercure et une charge de 1,200 kilogrammmes de matte, l'opération dure une heure un quart environ. Elle est sensiblement plus rapide qu'avec le soufflage latéral; l'entretien du garnissage est moins coûteux et le personnel nécessaire moins nombreux. On n'a plus besoin, en effet, comme dans le convertisseur à soufflage latéral, d'avoir deux manœuvres occupés constamment à déboucher les tuyères.

La séparation d'une petite quantité de cuivre impur et aurifère permet de raffiner facilement et économiquement, par voie électrique, la masse principale du métal. Le traitement, par la même voie, du *bottom* cuivreux impur présente au contraire des difficultés sérieuses, que l'usine d'Eguilles semble d'ailleurs être arrivée à résoudre. Dans tous les cas, le traitement par dissolution dans l'acide sulfurique peut fournir une solution du problème, étant donné le poids relativement faible de la matière à traiter.

En résumé, le sélecteur Paul David constitue un progrès réel dans la métallurgie du cuivre; son emploi contribuera, dans une certaine mesure, à faciliter le traitement des minerais impurs contenant des métaux précieux. Cet appareil, présenté à l'Exposition par la Société des cuivres de France, a contribué pour une large part à faire attribuer une médaille d'or à cette société.

Raffinage électrique du cuivre. — Les diverses variantes du raffinage électrique du cuivre ont pris, dans ces dernières années, un développement considérable, surtout aux États-Unis. L'Exposition ne fournissait aucun renseignement sur les détails d'application du procédé, mais on y rencontrait des échantillons de cathodes de cuivre raffiné dans un grand nombre d'expositions diverses. Nous citerons notamment, parmi ces expositions, celles de la Compagnie française des métaux et de la Société de Biache-Saint-Waast, dans la section française; des usines à cuivre de l'Arizona, aux États-Unis; de la Société d'électrolyse du cuivre à Osaka, dans la section japonaise, et de la maison J. Nicolaiev, dans la section russe.

La précipitation électrique du cuivre, dirigée en vue d'obtenir directement des tubes ou même des objets de forme relativement compliquée, se rattache plutôt à l'élaboration du métal et, à ce titre, sera mentionnée à la fin du chapitre concernant cette spécialité.

MÉTALLURGIE DU NICKEL.

La production du nickel a considérablement augmenté au cours de ces dernières années.

En 1889, elle était de 850 tonnes seulement; elle a atteint, en 1899, le chiffre de 7,500 tonnes. Son développement considérable doit être attribué principalement à l'emploi du nickel dans la sidérurgie.

Il n'existe, en réalité, dans le monde entier, que deux centres importants d'exploitation des minerais de nickel; ce sont la Nouvelle-Calédonie, qui fournit des minerais oxydés, tenant en moyenne de 7 à 8 p. 100 de nickel à l'état sec, et le district de Sudbury (Canada) où l'on exploite de puissants amas de pyrrhotite nickélifère mélangée de chalkopyrite. La production de ces deux centres est à peu près équivalente.

Les divers essais entrepris en vue de traiter sur place les minerais néo-calédoniens n'ont eu aucun succès jusqu'ici; le traitement de ces minerais continue à s'effectuer en Europe, principalement dans les usines de la Société le Nickel. Cette importante société s'était bornée à exposer, dans le pavillon de la Nouvelle-Calédonie, quelques échantillons de minerais et de nickel métallique; elle se trouvait d'ailleurs hors concours

Nous nous bornerons à rappeler que le procédé suivi dans ses usines consiste à fondre les minerais au four à cuve avec des matières sulfurées, de manière à obtenir une matte que l'on concentre, soit au réverbère, soit au convertisseur, jusqu'à obtention de sulfure de nickel sensiblement pur.

Le produit est broyé très finement et grillé jusqu'à élimination complète du soufre, puis réduit en vases clos, à une température suffisante pour provoquer l'agglomération du nickel.

Les disques ou grenailles ainsi obtenus servent de matière première pour la fabrication des alliages.

La production canadienne était, à l'opposé de celle de la Nouvelle-Calédonie, bien représentée à l'Exposition. Mais, des deux sociétés exploitantes de minerai qui y figuraient, l'une, The Lake Superior Power Company, à Sault-Sainte-Marie (Ontario-Canada), s'était bornée à présenter des échantillons de minerai, provenant probablement de la Gertrude Mine, et de ferro-nickel, sans aucune indication explicative.

L'exposition de la Canadian Copper Company, associée à l'Orford Copper Company, présentait au contraire une série fort intéressante d'échantillons et d'analyses, mettant en évidence les conditions dans lesquelles s'effectue, dans les usines de ces deux sociétés, l'ensemble du traitement des minerais mixtes de cuivre et de nickel, provenant du district de Sudbury (Canada).

Ces minerais forment de puissants amas encaissés dans des roches amphiboliques; ce

sont des mélanges de pyrrhotite nickélifère et de chalkopyrite, dont les analyses suivantes indiquent les variations de composition :

	MINERAI RICHE EN NICKEL. — p. 100.	MINERAI MIXTE. — p. 100.	MINERAI RICHE EN CUIVRE. — p. 100.
Cuivre	0.40	4.31	13.63
Nickel	8.40	5.51	2.04
Cobalt	0.20	0.10	0.06
Fer	44.20	39.20	34.47
Alumine	2.20	4.82	2.63
Chaux	1.10	2.60	4.84
Magnésie	0.80	2.05	2.61
Soufre	31 52	26.28	26.72
Silice	11.06	14.44	13.06
TOTAUX	99.88	99.31	100.06

Certains de ces minerais contiennent du platine et du palladium, notamment ceux de Vermillion, tenant en moyenne 17.80 p. 100 de cuivre, 15.70 p. 100 de nickel et 0.30 p. 100 de cobalt, avec 90 grammes d'argent, 80 grammes de platine et 110 grammes de palladium par tonne. Cette catégorie spéciale de minerais renferme parfois jusqu'à 240 grammes de platine et 320 grammes de palladium par tonne. Le platine s'y trouve à l'état d'arséniure (sperrylite); on ne sait pas exactement sous quelle forme le palladium s'y rencontre.

Les minerais sont grillés en tas, sur des aires munies de voies sur estacades servant à amener le minerai cru et de voies au niveau du sol pour assurer l'enlèvement du minerai grillé. C'est à Sudbury qu'a été imaginé le système, dit *grillage en V,* consistant à utiliser l'espace entre deux tas en cours de grillage pour en monter un troisième que l'on met immédiatement à feu. La composition moyenne du minerai grillé est la suivante :

	p. 100.		p. 100.
Cuivre	3.50	Magnésie	2.50
Nickel	3.65	Soufre	7.75
Cobalt	0.10	Silice	24.50
Fer	36.25	Oxygène, eau, etc.	11.15
Alumine	7.45	TOTAL	100.00
Chaux	3.15		

Ce minerai grillé est fondu dans des water-jackets et donne une matte et une scorie ayant normalement les compositions suivantes :

	MATTE. — p. 100.		MATTE. — p. 100.
Cuivre	19.70	Argent	0.0014
Nickel	19.65	Platine	0.0014
Cobalt	0.30	Palladium	0.0010
Fer	36.28	TOTAL	99.8038
Soufre	23.76		
Silice	0.11		

	SCORIE. — p. 100.		SCORIE. — p. 100.
Cuivre	0.36	Magnésie	2.91
Nickel	0.35	Soufre	1.31
Cobalt	0.08	Silice	28.10
Protoxyde de fer	54.24	TOTAL	98.89
Alumine	8.42		
Chaux	3.12		

La scorie est grenaillée dans un courant d'eau et rejetée.

La matte est concentrée au convertisseur jusqu'à élimination presque complète du fer; le produit de la concentration est une matte riche contenant :

	p. 100.		p. 100.
Cuivre	49.72	Soufre	19.03
Nickel	30.90	Silice	0.05
Cobalt	0.16	TOTAL	99.95
Fer	0.23		

Cette première partie du traitement métallurgique se pratique sur place, dans les usines de la Canadian Copper Company; la deuxième, comportant la séparation du cuivre et du nickel, est effectuée jusqu'ici aux États-Unis, dans les usines de l'Orford Copper Company.

La séparation des deux métaux est fondée sur le principe suivant : lorsqu'on fond un mélange de sulfure de cuivre et de nickel avec du sulfure de sodium et qu'on laisse reposer la masse fondue, le sulfure de nickel se sépare en vertu de sa densité supérieure, en entraînant un peu de sulfure de sodium et de cuivre. La partie supérieure de la masse solidifiée après repos prolongé est constituée par une matte complexe, contenant la plus grande partie des sulfures de sodium et de cuivre avec un peu de sulfure de nickel.

En pratique, on passe la matte mixte, provenant du traitement au convertisseur, au four à cuve avec une proportion de sulfate de sodium représentant environ la moitié de son poids; la réduction du sulfate par le carbone donne du sulfure de sodium. Les matières fondues sortant du four sont coulées dans des récipients coniques en fonte où elles se solidifient lentement. On démoule les pains de matte et on sépare les deux parties, supérieure et inférieure. La première, riche en cuivre, forme à peu près les deux tiers du poids total; la deuxième, composée surtout de sulfure de nickel, représente le tiers restant. La composition de ces deux parties est indiquée par les analyses suivantes :

	SULFURE de NICKEL IMPUR. — p. 100.	MATTE CUPRIFÈRE. (*Copper tops.*) — p. 100.
Sous-sulfure de nickel (Ni^2S)	87.0	4.0
Sous-sulfure de cuivre (Cu^2S)	0.5	75.0
Sulfure de sodium	7.0	20.0
Sulfures de fer et d'arsenic, scories entraînées, etc.	4.5	1.0
TOTAUX	100.0	100.0

On concasse les deux produits et on les expose à l'action atmosphérique : puis on leur fait subir une lixiviation. On obtient des dissolutions contenant un mélange complexe de sels de sodium, sulfure, hydrate, carbonate, hyposulfite, etc.; on les évapore et on renvoie au traitement de la matte le résidu de leur évaporation.

Le résidu solide provenant du lessivage des *copper tops* contient une proportion notable de nickel; on le repasse au traitement par le sulfure de sodium si l'on veut obtenir une séparation plus complète de ce dernier métal.

Le sulfure de nickel donne, par grillage, un produit coloré en vert foncé, tenant, dit-on, 99 p. 100 d'oxyde de nickel et 0.5 p. 100 d'oxyde de cuivre. On vend une partie de ce produit et on épure l'autre, par un grillage suivi probablement d'un autre traitement accessoire qui n'est pas indiqué. On obtient ainsi un produit auquel l'Orford Copper Company attribue la composition suivante :

	p. 100.		p. 100.
Protoxyde de nickel	98.50	Silice	0.10
Sesquioxyde de cobalt	0.50	Arsenic	0.01
Sesquioxyde de fer	0.15	Soufre	0.01
Oxyde de cuivre	0.07		
Alumine	0.60	Total	99.94

L'oxyde purifié est réduit sous forme de grenailles ou plaquettes. Suivant les conditions dans lesquelles la réduction est opérée, on obtient à volonté soit du nickel contenant du carbone et du silicium, produit relativement fusible que l'on emploie pour la fabrication de moulages et pour la préparation d'anodes à électrolyser, soit du nickel exempt de carbone et de silicium, utilisé pour la fabrication de l'acier au nickel, du maillechort et d'autres alliages. La composition de ces deux produits serait la suivante :

	NICKEL CARBURÉ. — p. 100.	NICKEL NON CARBURÉ. — p. 100.
Nickel	98.00	99.25
Cobalt	0.35	0.35
Fer	0.10	0.10
Cuivre	0.07	0.07
Soufre	0.01	0.01
Arsenic	0.01	0.01
Carbone	1.00	//
Silicium	0.50	0.05
Oxygène	//	0.15
Total	100.04	99.99

Les conditions d'électrolyse des anodes en nickel carburé sont analogues à celles des anodes en cuivre brut. Les cathodes obtenues sont du nickel sensiblement pur.

L'exposition de l'Orford Copper Company contenait, outre les grenailles et les pla-

quettes de nickel, un certain nombre de spécimens de nickel travaillé sous forme de barres, de fils et de tubes, avec des indications relatives aux coefficients mécaniques donnés par ces divers produits. Ces coefficients, bien que donnés comme représentant les moyennes d'un certain nombre d'essais, semblent être d'une exactitude contestable. Ils seraient en effet les mêmes, prétend-on, pour le nickel pur et le nickel tenant 0.3 p. 100 de carbone, pour des barres de même section obtenues soit par coulée directe dans une lingotière, soit par forgeage d'un lingot avec réduction au quart de sa section initiale. Dans ces conditions fort diverses, la résistance à la rupture serait à peu près uniformément de 70 kilogrammes par millimètre carré et l'allongement, mesuré sur 203 millimètres, de 25 p. 100. Le fil de nickel recuit donnerait une résistance de 102 kilogrammes et un allongement de 25 p. 100; non recuit, une résistance de 112 kilogrammes avec un allongement insignifiant de 0.4 p. 100. Ces résultats anormaux devraient être contrôlés par des expériences plus précises.

Le Jury de la Classe 64 a décerné une médaille d'or à la Canadian Copper Company, ainsi qu'à l'Orford Copper Company.

ALLIAGES À BASE DE CUIVRE, DE NICKEL, ETC.

M. Gaston Auscher, de Nancy, fabrique des alliages métalliques divers, bronzes, alliages antifriction, etc., mais principalement des soudures dont il a étudié la composition avec un soin tout spécial en vue de leur assurer une fusibilité un peu plus grande que celle des métaux à souder, sans s'écarter beaucoup de celle-ci.

Son exposition comprenait des échantillons de soudure pour cuivre, jaune, grise, blanche, en grenailles ou en bandes laminées, divers types de soudures pour maillechort, de soudures à base d'argent, etc.

Les soudures pour maillechort, notamment, présentaient des compositions variables, indiquées ci-dessous :

DÉSIGNATION.	SOUDURE ORDINAIRE.	SOUDURES POUR MAILLECHORT TENANT DE 13.5 À 22 P. 100 DE NICKEL.		
		I.	II.	III.
Cuivre	36	47	45	38
Zinc	51	42	45	50
Nickel	7	11	10	12
Étain	4	//	//	//
Plomb	2	//	//	//
TOTAUX	100	100	100	100

M. Auscher a imaginé en outre un flux, composé d'un mélange de borates divers, qui remplace avec avantage le borax dans la soudure parce qu'il ne se boursoufle pas.

Le Jury de la Classe 64 lui a décerné une médaille d'argent.

La Société le Ferro-Nickel, dont nous avons déjà eu l'occasion de mentionner le rôle important, au point de vue de l'étude des alliages fer-nickel, fabrique à Lizy-sur-Ourcq des alliages variés de cuivre et de nickel et les élabore sous des formes variées, soit par moulage, soit par laminage, étirage, etc. Une de ses spécialités est la fabrication des maillechorts ne contenant pas de zinc, fabrication qu'elle a beaucoup contribué à propager et qui représente actuellement, pour son usine de Lizy-sur-Ourcq, une production de 400 à 500 tonnes par an. Le personnel total de l'usine, y compris celui occupé à la faible production de ferro-nickel mentionnée plus haut, est de 150 à 170 ouvriers.

La Société le Ferro-Nickel a fait breveter, en 1885, un alliage fer-cuivre-nickel (ferro-maillechort) qui ne semble pas avoir trouvé beaucoup d'applications. Elle présentait à l'Exposition un alliage nouveau de cuivre et de chrome, dont elle n'indiquait pas

la composition exacte et auquel elle attribuait les coefficients mécaniques ci-dessous, comparés à ceux du cuivre pur :

	EN KILOGRAMMES PAR MILLIMÈTRE CARRÉ.		
	Limite d'élasticité.	Résistance à la rupture.	ALLONGEMENT. (En centièmes.)
Cuivre chromé	12 à 15	28 à 32	15 à 25
Cuivre pur	6 à 7	22 à 23	36 à 38

Elle fabrique en outre des laitons, des bronzes d'aluminium et des alliages divers d'aluminium. Le Jury de la Classe 64 lui a attribué une médaille d'or.

ÉLABORATION DU CUIVRE ET DE SES ALLIAGES.

Élaboration mécanique. — La section française de la Classe 64 était la seule dans laquelle cette spécialité fût représentée, d'une façon fort remarquable d'ailleurs. Parmi les expositions qui y figuraient, nous devons citer en première ligne celle de la Compagnie française des métaux. Cette société élabore sous les formes les plus diverses, dans cinq usines différentes, le fer, le cuivre, le laiton, le plomb, l'étain, etc.

Ses établissements occupent actuellement 3,500 ouvriers et employés; ils consomment annuellement 98,000 tonnes de combustibles divers et utilisent une puissance motrice totale de 5,700 chevaux dont 700 développés par des chutes d'eau et 5,000 au moyen de la vapeur. Leur surface est d'environ 70 hectares, dont 10 couverts de bâtiments.

Leur production totale est de 42,000 tonnes par an; elle se répartit, par proportions assez inégales, entre les cinq groupes suivants :

1° Groupe de Givet, formé par les usines de Fromelennes, Flohival, Flohimont et Fliment;

2° Usine de Saint-Denis, près Paris;

3° Usine de Déville, près Rouen;

4° Usine de Sérifontaine, Saint-Victor (Oise);

5° Usine de Castelsarrasin (Lot-et-Garonne).

Les usines de Sérifontaine et de Castelsarrasin sont consacrées plus spécialement à l'élaboration du laiton, à laquelle elles adjoignent celle de quelques produits en cuivre rouge, les tubes soudés pour Sérifontaine, les planches laminées pour Castelsarrasin. Cette deuxième usine fait en outre le laminage de l'étain. Déville se limite aux travaux d'emboutissage, soit sur cuivre, soit sur acier. Enfin, le laminage du plomb, sous forme de tuyaux ou de feuilles, se pratique exclusivement à Saint-Denis.

Les deux établissements principaux de la Compagnie sont Givet et Saint-Denis. On y obtient tous les produits commerciaux en cuivre et en laiton, planches et chaudronnerie, barres et fils, tubes soudés et sans soudure, etc.

Si l'usine de Saint-Denis a la spécialité du travail du plomb, le groupe de Givet a celle de la fabrication des tubes sans soudure et des emboutis, qu'il partage avec Déville. Il a en outre celle du traitement des mattes cuivreuses, sur laquelle nous avons donné quelques renseignements à l'occasion de la description de l'usine du Boléo, et celle de l'électrolyse.

Le cuivre obtenu avec les mattes du Boléo donne d'excellents résultats pour la fabrication des plaques tubulaires de locomotive; pour les tuyaux sans soudure, on le mélange ordinairement en proportions égales avec le *corocoro*.

Les autres usines de la Compagnie qui travaillent le cuivre rouge, Saint-Denis et arrasin, se bornent à affiner des cuivres bruts au réverbère. L'affinage s'opère,

dans la première de ces usines, au moyen d'un appareil chauffé au gaz et muni d'un récupérateur.

Les scories cuprifères sont envoyées à Givet où on les repasse dans un water-jacket.

Les usines de Fromelennes et de Flohimont, faisant partie du groupe de Givet, possèdent des ateliers d'électrolyse, disposés en dérivation et travaillant avec une densité de courant de 180 ampères au mètre carré. Ils produisent annuellement 2,500 tonnes de cuivre électrolytique.

La grosse chaudronnerie de cuivre rouge, alimentée surtout par le laminage de plaques pour foyers de locomotives, donne lieu à une production mensuelle de 150 à 200 tonnes; elle était représentée par des spécimens très soignés de plaques tubulaires et par des pièces de bouilleurs Tembrinck.

La petite chaudronnerie avait fourni le motif central de l'exposition, une coupole de 3 m. 27 de diamètre, pesant 1,300 kilogrammes. Elle était représentée également par d'autres pièces moins importantes et par des *platons,* destinés à être recouverts de feuilles d'or sur deux faces, puis laminés en feuilles très minces pour passementerie.

Dans les produits de tréfilerie, provenant des usines de Saint-Denis et Givet, figurait une spécialité analogue, celle des bâtons destinés à être étirés en fils après avoir été recouverts d'une feuille d'or. Mais les produits principaux de cette catégorie étaient les barres carrées ou rondes, les rubans de 40 à 50 mètres de longueur et surtout les fils, notamment ceux de haute conductibilité. On monte en ce moment une câblerie destinée principalement à fournir des conducteurs flexibles à l'industrie électrique.

La fabrication des tubes a une grande importance dans les usines de la Compagnie des métaux. Celle des tubes soudés se fait à Sérifontaine; celle des tubes sans soudure à Givet ou à Déville, soit par perçage, soit par emboutissage. La première méthode est employée de préférence pour les diamètres au-dessous de 250 millimètres; elle donne des produits un peu plus réguliers que l'emboutissage. Ce dernier procédé, appliqué au moyen de presses de 440 tonnes, permet d'obtenir des tubes de 1 mètre de diamètre et de 3 m. 75 de long ou de 0 m. 70 de diamètre et de 10 mètres de long; des échantillons de pareilles dimensions figuraient à l'Exposition.

La fabrication des rouleaux d'impression est une variante de celle des tubes sans soudure; elle en diffère seulement en ce que la surface extérieure, destinée à recevoir la gravure, doit présenter une dureté plus grande.

Les ceintures d'obus sont obtenues par découpage de tubes sans soudure, en cuivre rouge; ce produit figurait à la fois à la Classe 64 et à la Classe 116.

Le laminage du laiton et autres alliages cuivreux constitue la fabrication la plus importante de la Compagnie française des métaux, car il représente 1,100 tonnes de produits par mois. Il se pratique à Saint-Denis, Givet, Sérifontaine et Castelsarrasin, ces deux dernières usines étant particulièrement affectées à la production du laiton de première qualité. Les produits exposés étaient des bandes et des flans en laiton, de composition variable suivant les cas, destinés à la fabrication des douilles de cartouches de toutes dimensions, depuis celles de fusils jusqu'à celles des canons à tir rapide des plus

gros calibres en usage, des flans en laiton et en maillechort, pour monnaies, enfin des pièces spéciales en maillechort à 80 p. 100 de cuivre et 20 p. 100 de nickel, notamment une plaque de foyer de locomotive.

Les tréfileries de Saint-Denis et de Givet et les outillages pour tubes sans soudure, de Givet et de Déville, travaillent le laiton aussi bien que le cuivre rouge. Avec cet alliage, elles font des tubes unis dont le diamètre atteint 0 m. 40, des tubes à ailettes longitudinales, des rouleaux d'impression, etc. Un atelier spécial, à Saint-Denis, fabrique des tubes soudés destinés à recevoir une ornementation souvent assez compliquée.

Le puissant outillage des usines de Givet et de Déville pour la fabrication des tubes sans soudure est employé à l'élaboration non seulement du cuivre et du laiton, mais aussi de l'acier.

On voyait à l'Exposition des spécimens intéressants de cette branche d'industrie, depuis les tubes pour bicyclettes jusqu'aux obus de 155 millimètres et de 220 millimètres, aux tubes lance-torpilles de 0 m. 355 de diamètre et de 3 m. 25 de long, et aux réservoirs de lance-torpilles ayant 0 m. 70 de diamètre et 2 m. 75 de long.

L'exposition de la Compagnie française des métaux formait un ensemble très décoratif, placé au centre du dôme central du Palais des Mines et de la Métallurgie. Elle se trouvait d'ailleurs hors concours, le président de la Société faisant partie du Jury de la Classe 64.

La Société anonyme des fonderies et lamineries de Biache-Saint-Waast a pris, en 1892, la suite des affaires de la maison Eschger, Ghesquière et Cie, sans qu'il y ait eu de changement de direction au moment de cette transformation. Elle possède deux usines métallurgiques; en France, celle de Biache-Saint-Waast (Pas-de-Calais), affectée à la production et à l'élaboration du cuivre et du plomb, à l'élaboration du laiton et du zinc, enfin à l'extraction de métaux précieux; en Belgique, celle d'Ougrée, près Liège, ayant pour objet exclusif la production du zinc.

Nous reproduirons dans un autre chapitre les indications sommaires fournies par la Société sur celle-ci, nous bornant ici à décrire l'usine de Biache.

Cette usine, située sur la Scarpe canalisée, entre Arras et Douai, occupe une surface de 8 hectares, dont 6 de surface bâtie. La moitié de cette dernière est occupée par les ateliers mécaniques, le reste par les fonderies.

Les établissements de Biache sont aménagés, en effet, non seulement pour élaborer le cuivre, le plomb, le zinc, le fer, mais encore pour extraire les deux premiers métaux de leurs minerais et séparer en même temps les métaux précieux contenus dans ces minerais. L'outillage qu'ils emploient à cet effet se compose de 3 concasseurs américains, 4 broyeurs, 12 stalles couvertes, 12 stalles libres, 4 grands fours à réverbère, pour grillage, recevant simultanément 12 tonnes de minerai, 4 fours à manche, à water-jacket, et 8 réverbères à gazogène pour rôtissage et affinage. Il permettrait de produire jusqu'à 10,000 tonnes de cuivre par an, mais il a été peu utilisé, semble-t-il, au cours de ces dernières années.

Les mattes argentifères sont désargentées par le procédé Ziervogel : l'usine possède à

cet effet deux grands fours de grillage à trois soles et le matériel nécessaire pour le lessivage des mattes grillées, de manière à pouvoir traiter annuellement 2,000 tonnes de matte à 60-75 p. 100 de cuivre.

Accessoirement elle applique l'électrolyse aux cuivres bruts; il y a lieu de remarquer qu'elle a été l'une des premières à pratiquer ce procédé, qu'elle a installé dès 1879.

La formule de traitement adoptée pour les minerais cuivreux permet l'extraction facile du plomb qu'ils contiennent. Elle se prête également à la concentration et à l'extraction des métaux précieux contenus dans des minerais à haute teneur, pauvres en plomb et en cuivre, ainsi qu'au traitement des cendres d'orfèvre. Certaines années, la production des usines de Biache a atteint 2,000 tonnes de plomb, 35,000 kilogrammes d'argent et 500 kilogrammes d'or; actuellement l'activité de cet établissement est dirigée surtout vers l'élaboration des métaux sous forme de plaques, feuilles, tubes, pièces embouties, etc. Nous mentionnons seulement pour mémoire la fabrication des monnaies et médailles, qui relevait de la Classe 15 : cette fabrication a été pratiquée avec succès par la Société de Biache dans des établissements provisoires fondés par elle à l'étranger.

Les installations de laminage comprennent, pour le cuivre et ses alliages :

1° 10 fours d'affinage à gazogène, pouvant fondre 12 tonnes de cuivre chacun; 1 four à fondre le bronze; 40 fours à creusets et 50 fours à réchauffer ou à recuire, la plupart chauffés par gazogènes;

2° 1 grand train à releveur hydraulique, de 3 m. 20 de large, à cylindres de 12 tonnes, pouvant laminer des lingots de plus de 3,500 kilogrammes; 8 autres trains, affectés également au laminage du cuivre rouge et ayant de 2 m. 25 à 2 m. 15 de table;

10 trains pour laminer le laiton et le maillechort; 6 pour les alliages monétaires;

5 trains pour barres de cuivre et de laiton.

Pour le zinc :

1° Deux fours de refonte, avec réchauffeur, pouvant recevoir 18,000 kilogrammes de métal chacun;

2° 5 trains de laminoirs.

Les cisailles sont au nombre de 32 : elles comprennent 1 forte cisaille double, actionnée par la vapeur, pouvant couper des plaques de 35 millimètres d'épaisseur; 2 grandes cisailles à levier, de 2 m. 20 de longueur de lame; 6 autres du même type, plus petites;

15 cisailles circulaires, dont 5 de grandes dimensions, pour découper les disques et les fils ou bandes de grandes longueurs;

2 cisailles permettant de couper des planches rectangulaires de cuivre ou de zinc de toutes dimensions, sans tracé préalable.

1 forte cisaille hydraulique permettant d'exécuter les tracés les plus compliqués

4 autres à action directe, pour façonnage de plaques de foyers de locomotives

1 cisaille hydraulique à double effet pour les plaques embouties et les barres de cuivre rouge.

Parmi ses spécimens de laminage, la Société exposait une planche de cuivre rouge de 9 mètres de long sur 3 mètres de large et pesant 2,800 kilogrammes.

Elle possède un outillage très complet de martelage permettant la fabrication des foyers de locomotives et des calottes ou coupoles de grandes dimensions. Cette dernière fabrication était représentée par une grande sphère en cuivre, formée de deux parties dont le diamètre avait été limité à 3 m. 10 pour satisfaire aux conditions imposées par le gabarit des voies ferrées. Elle l'était également par une chaudière en maillechort, hémisphérique, de 1 m. 20 de diamètre, avec une épaisseur de 5 millimètres environ.

L'emboutissage à la presse hydraulique se pratique à Biache sur une échelle importante, au moyen de presses hydrauliques développant un effort de 15 à 500 tonnes. Ces presses sont actionnées par trois accumulateurs, à cylindre mobile, dont le plus important pèse 200 tonnes et a 4 mètres de course. La pression normale de l'eau est de 110 kilogrammes par centimètre carré; elle peut être portée à 160 kilogrammes au moyen d'un transformateur.

Cet outillage appartient à un type spécial, créé par les usines de Biache; il a permis d'obtenir des pièces de formes très diverses et de dimensions considérables, telles que obus de grande capacité, éprouvés à 800 kilogrammes par centimètre carré, emboutis, soit en cuivre rouge, pesant de 1,200 à 1,300 kilogrammes, soit en acier, pesant 900 à 1,000 kilogrammes, réservoirs, réservoirs pour torpilles, tubes sans soudure, etc.

Cette dernière fabrication nécessite, pour le finissage, un matériel spécial composé de 35 bancs d'étirage, à chaîne de Galle. Elle était représentée à l'Exposition par des échantillons intéressants, tels que des tubes d'acier de 0 m. 36 de diamètre et de 8 mètres de longueur, un tube moins long, mais ayant 0 m. 65 de diamètre; des tubes coniques en acier et en laiton, ayant de 1 m. 53 à 1 m. 58 de long, avec une variation de diamètre de 0 m. 04 à 0 m. 012 sur cette longueur; un tube analogue de 4 m. 50 de long, enroulé en trompe de chasse et ayant une épaisseur uniforme de 0 m. 0008; des serpentins coniques, etc.

L'usine exposait des tubes en acier à 25 p. 100 de nickel ayant une résistance de 90 à 110 kilogrammes par millimètre carré, avec un allongement de 60 p. 100.

Ces résultats ont été obtenus grâce à un développement constant de l'outillage, pour lequel on a dépensé plus de 8 millions de francs depuis une quarantaine d'années. Cet outillage est actionné par une puissance motrice de 2,500 chevaux, obtenue presque entièrement au moyen de la vapeur, sauf une centaine de chevaux fournis par une chute d'eau qui a été la cause première de la création des établissements de Biache-Saint-Waast. Ces établissements ont obtenu un grand prix dans la Classe 64.

M. Félix Hubin, dont les usines sont situées à Harfleur et à Rouelles, près le Havre, avait fait une intéressante exposition des divers produits de laminage et d'étirage du cuivre, du zinc et du plomb.

L'usine de Rouelles est consacrée plus spécialement au laminage du plomb et à l'étirage du plomb et de l'étain en tuyaux. Elle a été fondée en 1843. Celle d'Harfleur, un peu moins ancienne, puisqu'elle remonte à 1847 seulement, affine les cuivres bruts

et les minerais de cuivre à haute teneur, fabrique les planches, barres et tubes en cuivre et en laiton, soudés ou sans soudure, produit l'étain en lingots et en baguettes, et enfin lamine le zinc.

La production des métaux bruts, cuivre ou étain, à l'usine d'Harfleur, ne présente aucun caractère particulier.

Pour le cuivre, les matières premières sont les cuivres bruts du Chili à 96 p. 100 et les minerais *corocoro,* rendant environ 80 p. 100 de métal; l'affinage se fait au réverbère anglais.

L'usine d'Harfleur produit une petite quantité d'étain au réverbère avec des minerais importés et pratique l'étirage de ce métal en feuilles.

Les produits d'élaboration mécanique du cuivre et du laiton étaient représentés dans l'exposition de M. Hubin par des spécimens intéressants. Nous citerons notamment des feuilles polies par laminage, de 0,002 d'épaisseur avec 5 m. 45 de long et 0 m. 88 de large, et des feuilles ordinaires, de 3 millimètres d'épaisseur, ayant 1 m. 80 de large pour le cuivre et 1 mètre pour le laiton, avec des longueurs de 5 m. 60 et de 4 m. 40. Les tuyaux atteignaient 0 m. 30 de diamètre pour le cuivre rouge soudé et étiré, 0 m. 145 pour le cuivre rouge et le laiton étirés sans soudure.

Le zinc figurait à la fois sous forme de plaques épaisses de 0 m. 03 et sous celle de laminés minces; un spécimen de ceux-ci avait 0 m. 0025 d'épaisseur sur 4 m. 10 de long et 1 mètre de large.

Un grand prix a été décerné à M. Félix Hubin.

M. Baraguey-Fouquet fabrique les planches et feuilles, fils et tubes en cuivre rouge et en laiton. Son usine principale est située à la Neuve-Lyre (Eure); l'affinage du cuivre rouge s'y fait dans deux fours de 6 tonnes; une partie des lingots obtenus est livrée directement au commerce.

Le laminage du cuivre rouge a pour objet la production soit de feuilles ordinaires du commerce, soit de feuilles polies par un certain nombre de passes à froid, spécialité qui trouve actuellement des débouchés assez nombreux. L'épaisseur descend jusqu'à 0 mill. 4, avec une longueur de 4 mètres et une largeur de 1 m. 30. Le poids maximum des planches obtenues est de 800 kilogrammes.

Pour la fabrication du doublé or, on part de plateaux en cuivre très pur, bien exempts de soufflures, qu'on lamine à une épaisseur de 20 millimètres, qu'on rabote ensuite et qu'on lamine à froid pour les amener à l'épaisseur définitive, variant entre 2 et 4 millimètres.

La fonderie de laiton, montée pour une production d'une dizaine de tonnes par jour, fabrique un peu tous les titres, mais plus spécialement le laiton à 60 p. 100 de cuivre, travaillé d'abord à chaud, puis à froid, et le demi-rouge, à 88 p. 100 de cuivre et 12 p. 100 de zinc, qui trouve un débouché important dans l'estampage pour la bijouterie en faux.

Les tubes soudés en laiton ou en maillechort constituent une branche assez importante de fabrication à l'usine de la Neuve-Lyre; cette usine produit plus spécialement

les tubes de précision dont le diamètre varie entre 8 et 300 millimètres et doit être obtenu à un centième de millimètre près.

Elle produit aussi les tubes tordus, au moyen d'une filière tournante, ainsi que les tubes décorés, les fils de cuivre et de laiton, enfin une certaine quantité de bronzes à divers titres.

Les établissements de M. Baraguey-Fouquet, dont l'origine remonte à l'année 1830, disposent d'une force motrice totale de 250 chevaux, emploient de 200 à 250 ouvriers et produisent de 150 à 170 tonnes par mois. M. Baraguey-Fouquet a obtenu une médaille d'or.

L'usine de la Gaudinière (Sarthe) est d'origine fort ancienne, car elle a été fondée en 1529 pour la fabrication du fer au bois, mais elle n'a entrepris l'élaboration du laiton que depuis 1889. Ses produits, planches, bandes, barres et fils de laiton, fils demi-rouge, sont recuits au bois, de manière à éviter tout risque d'absorption de soufre au contact des produits gazeux de la combustion. Une mention honorable a été décernée à la Société anonyme métallurgique de la Gaudinière.

L'usine de Couéron appartient à la Société de Pontgibaud. Bien que son objet principal soit la production du plomb et la transformation de ce métal en produits marchands variés, elle fabrique néanmoins des quantités importantes de planches et de fils en cuivre rouge et en laiton.

Pour le cuivre rouge, elle possède quatre grands fours d'affinage pouvant produire par mois de 700 à 800 tonnes de lingots affinés. Son installation de laminage permet d'obtenir, dans le même temps, 250 tonnes de feuilles ayant jusqu'à 2 m. 80 de largeur, avec une épaisseur variant de 30 millimètres à 0 millim. 2. La fabrication des feuilles de cuivre écroui est une des spécialités de l'usine. Son atelier d'étirage et de tréfilage produit mensuellement 80 tonnes de barres de tous profils et de fils de tous diamètres; il fabrique spécialement les barres pour entretoises et les fils de haute conductibilité.

L'usine de Couéron possède une fonderie au creuset qui permettrait de couler mensuellement 600 tonnes d'alliages cuivreux. La production en laiton laminé est de plus de 300 tonnes; celle de laiton en barres et fils, de 100 tonnes environ par mois. L'usine fait spécialement le laiton de guerre et le maillechort pour les arsenaux et pour les chemins de fer.

Dans l'exposition de la Société, on remarquait une planche en cuivre rouge, de 4 m. 20 de longueur sur 2 mètres de largeur et sur 10 millimètres d'épaisseur, pesant 780 kilogrammes; une planche de laiton de 3 m. 65 de longueur sur 2 m. 35 de largeur et 17 millimètres d'épaisseur, pesant 720 kilogrammes; enfin un fond circulaire en laiton de 2 mètres de diamètre et de 15 millimètres d'épaisseur, pesant 400 kilogrammes.

La Société anonyme des usines et fonderies de Pontgibaud se trouvait hors concours, son président faisant partie du Jury de la Classe 64.

Procédé Elmore. — La fabrication de tubes et corps creux divers en cuivre électrolytique, par le procédé Elmore, est une des innovations intéressantes réalisées en mé-

IMPRIMERIE NATIONALE

tallurgie depuis 1889. Elle était représentée dans la Classe 64 par la société concessionnaire du procédé Elmore en Allemagne (Elmore's Metall Actien Gesellschaft, à Schladern an der Sieg), alors que la Société française analogue se trouvait placée dans la Classe 27.

On sait que les traits fondamentaux du procédé Elmore consistent dans la précipitation électrolytique du cuivre sur des mandrins horizontaux tournant autour de leur axe, et dans sa compression, au fur et à mesure de sa précipitation, au moyen de brunissoirs en agate pressés par des ressorts. Quand on veut obtenir des tubes cylindriques destinés à être employés en nature ou à être transformés ensuite en feuilles, par étendage, la disposition ordinaire consiste à opérer la précipitation sur des manchons en fonte, le cuivre étant fourni par une anode soluble posée sur le fond de la cuve et dont la surface supérieure a la forme d'une surface cylindrique concentrique avec celle du mandrin. L'intervalle entre la paroi de celui-ci et l'anode soluble est de 1 à 2 centimètres seulement. Les brunissoirs en agate viennent s'appuyer sur la partie supérieure du mandrin et exercent leur action sur toute la surface de celui-ci, par l'effet de son mouvement de rotation combiné avec leur translation longitudinale.

On peut obtenir ainsi une couche adhérente sur un cylindre plein ou creux en fonte, fer ou acier, fonctionnant comme mandrin. On peut également, en recouvrant le mandrin métallique d'abord d'une couche isolante, puis d'une couche conductrice, obtenir une couche non adhérente que l'on détache ensuite par une sorte de laminage, opéré au moyen de cylindres en acier.

Un perfectionnement notable apporté au procédé primitif a consisté dans la substitution aux mandrins métalliques de mandrins en paraffine dont la surface est rendue conductrice au moyen d'un enduit de graphite (brevet Preschlin). Une fois la précipitation du cuivre opérée, on fait fondre la paraffine pour dégager le manchon de cuivre électrolytique. Ce manchon peut présenter des formes compliquées qui ne pourraient être obtenues au moyen de manchons métalliques, à cause de l'impossibilité d'effectuer le démoulage.

L'électrolyte est, comme d'ordinaire pour l'électrolyse du cuivre, une solution de sulfate de cuivre acidulée par l'acide sulfurique. La densité de courant adoptée est de 250 ampères par mètre carré. Ce chiffre est sensiblement au-dessus de la moyenne usitée en pareil cas; on attribue son élévation à l'emploi des brunissoirs en agate. Il convient de faire remarquer cependant que la différence à ce point de vue entre le procédé Elmore et les formules usuelles d'électrolyse est beaucoup moindre aujourd'hui qu'elle ne l'était à l'origine, alors que l'on considérait la densité de 30 ampères au mètre carré comme une limite difficile à dépasser sans compromettre la compacité du précipité cuivreux. On porte maintenant, sans difficulté, la densité du courant à 150 et même 180 ampères, pourvu que l'électrolyte employé ne contienne pas une proportion trop élevée d'impuretés. L'écart de productivité entre les installations électrolytiques ordinaires et celles du système Elmore s'est donc singulièrement atténué.

En ce qui concerne la résistance mécanique des tubes obtenus par ce procédé, des

opinions diverses ont été émises. A l'origine, on se croyait en droit d'utiliser effectivement la haute résistance s'élevant jusqu'à 45 kilogrammes par millimètre carré, que l'on peut obtenir par une forte pression des agates développant un écrouissage intense. La pratique a montré que cette résistance disparaissait, non seulement par le recuit au rouge, mais même par l'action prolongée d'une température voisine de 300 degrés. La résistance du métal qui, avec une compression modérée, était de 28 à 29 kilogrammes par millimètre carré tombe alors à des chiffres de 22 kilogr. 5 à 23 kilogr. 7, peu différents de ceux obtenus avec les cuivres de bonne qualité produits par voie sèche. L'allongement, qui était de 26 à 30 p. 100 seulement à l'origine, s'élève à 41 et 43 p. 100 par l'effet du recuit, d'après des déterminations faites par la Marine allemande.

Si les qualités de résistance du métal obtenu par le procédé Elmore sont encore quelque peu incertaines, la possibilité d'appliquer par ce procédé, sur des cylindres en fer ou en acier, une couche adhérente de cuivre pur présente un intérêt incontestable. Les cylindres mixtes obtenus de cette manière sont employés couramment aujourd'hui dans l'industrie du papier et dans les diverses industries textiles : de pareils cylindres, de 0 m. 250 et de 1 mètre de diamètre, figuraient à l'Exposition.

On peut obtenir, par la même méthode, des pistons plongeurs présentant une grande résistance à l'action des eaux corrosives.

Parmi les produits obtenus au moyen de noyaux en paraffine, on peut citer les tubes ondulés ou cannelés en spirale et les réservoirs d'air renflés à leur partie supérieure. Les dimensions de ces réservoirs peuvent atteindre jusqu'à 1 m. 205 de hauteur sur 0 m. 720 de diamètre; leur épaisseur permet de les éprouver sous une pression de 15 atmosphères.

Les produits réellement courants du procédé Elmore sont les tubes lisses, dont le diamètre, atteignant jusqu'à 2 m. 50 à l'état brut, peut être réduit à volonté, par étirage, jusqu'aux plus faibles dimensions.

La Société pour l'application du procédé Elmore en Allemagne a obtenu une médaille d'or dans la Classe 64.

MÉTALLURGIE DU PLOMB.

La production du plomb vient, comme tonnage, immédiatement après celle du fer. Pour l'année 1899, elle est représentée par les chiffres suivants :

	tonnes.		tonnes.
Allemagne	132,742	Russie	450
Autriche	10,340	Suède	1,559
Belgique	19,330	Canada	14,477
Espagne	193,764	États-Unis	207,271
France	10,920	Mexique	71,442
Grande-Bretagne	49,000	Japon	1,950
Grèce	19,193	New South Wales	23,000
Hongrie	2 305		
Italie	24 543	TOTAL	782,261

Les seuls pays producteurs de plomb qui fussent représentés à l'Exposition étaient : l'Espagne, la France, la Grèce, la Hongrie, le Canada, le Mexique et les États-Unis; encore ce dernier ne l'était-il pas d'une façon sérieuse. On ne peut, en effet, considérer les quelques échantillons de tuyaux exposés par la National Lead Company comme donnant la moindre idée ni de l'importance de cette entreprise considérable, ni du développement de l'industrie du plomb aux États-Unis.

Cette exposition ne contenait rien d'ailleurs qui eût un rapport direct avec la production du plomb; elle n'intéressait que l'élaboration de ce métal, spécialité qui est souvent réunie à la production dans les grandes usines, mais qui se trouvait cependant représentée d'une manière indépendante dans diverses sections de la Classe 64.

Les deux principaux établissements français qui extraient le plomb de ses minerais, l'usine de Couéron (Loire-Inférieure), appartenant à la Société des usines et fonderies de Pontgibaud, et l'usine de Noyelles-Godault, appartenant à la Société des mines de Malfidano, avaient présenté l'un et l'autre des expositions importantes. Dans la première, c'étaient les produits fabriqués qui avaient été mis en évidence plutôt que les procédés d'extraction du métal.

L'usine de Couéron, créée en 1860, occupe, sur le bord même de la Loire, entre Nantes et Saint-Nazaire, une longueur de 600 mètres et une surface de 9 hectares. Les navires de fort tonnage viennent décharger directement les minerais sur des estacades placées le long de la rive.

On a vu que cette usine a pour objet principal le traitement des minerais de plomb argentifère et l'élaboration du plomb obtenu, mais qu'elle travaille en outre le cuivre et le laiton. L'industrie du plomb emploie environ les deux tiers du personnel total, comprenant 900 ouvriers.

La fonderie de plomb pourrait traiter 3,000 à 3,500 tonnes de minerai par mois;

elle en traite en fait de 2,000 à 2,500 tonnes. Les minerais qui l'alimentent sont de provenances très diverses : aussi l'usine possède-t-elle à la fois des réverbères du Flintshire, pour les minerais riches en plomb, et des réverbères de grillage pour préparer les minerais relativement pauvres à la réduction dans les fours à cuve. Ceux-ci, d'un type analogue à celui créé par la fonderie de Pertusola, traitent simultanément les minerais pauvres, agglomérés après grillage, et les crasses grises provenant des fours de Flintshire.

Les plombs produits dans l'usine sont désargentés par zingage, en même temps qu'une certaine portion de plombs argentifères importés. Les installations de désargentation pourraient donner 4,000 tonnes de plomb doux par mois.

Le plomb marchand de Couéron est très pur : la moyenne des analyses de ce produit faites à l'usine pendant les cinq dernières années indique les proportions suivantes de corps étrangers :

Cuivre	0.0025 p. 100.
Argent	0.0006
Zinc	0.0006
Antimoine	0.0013

L'atelier de coupellation produit mensuellement 5,000 kilogrammes environ d'argent au titre de 997 à 999 millièmes.

La Société de Pontgibaud se trouvait hors concours, son président faisant partie du Jury de la Classe 64.

La métallurgie du plomb ne vient qu'en seconde ligne à Noyelles-Godault. Cette usine a été fondée en vue de la production du zinc; la fabrication du plomb n'y a été installée, en 1895-1896, qu'à titre accessoire, en vue de produire annuellement de 1,200 à 1,500 tonnes de ce métal, par traitement des résidus de distillation du zinc. L'importance des installations faites en vue du traitement des minerais de plomb s'est accrue progressivement; elle permettrait actuellement une production annuelle de 10,000 tonnes de métal si l'approvisionnement en minerais était suffisamment assuré.

Les installations de l'atelier du plomb comprennent :

Un atelier de broyage des minerais;

Des fours à réverbère pour grillage et agglomération des matières plombeuses pauvres;

Deux fours à réverbère, du type du Flintshire, pour traitement des galènes riches;

Des fours à manche pour traitement des crasses et des produits agglomérés provenant des réverbères;

Enfin un atelier de désargentation par zingage, comprenant chaudières de fusion, fours d'adoucissement du plomb pauvre, fours de distillation de l'alliage riche et four de coupellation.

Ces divers appareils sont abrités sous des halles à charpente métallique, qu'on a laissées ouvertes latéralement, afin d'atténuer les inconvénients du dégagement éventuel des fumées plombeuses.

La production a été de 4,362 tonnes de plomb et de 3,820 kilogrammes d'argent au cours de l'exercice 1899-1900.

La Société de Malfidano était hors concours par suite de la présence de son ingénieur-conseil dans le Jury de la Classe 64.

Nous avons déjà mentionné les installations dont dispose, pour le traitement des minerais de plomb, l'usine de Biache-Saint-Waast, dont l'activité est dirigée aujourd'hui plus spécialement vers l'élaboration des métaux bruts.

La métallurgie espagnole du plomb, qui joue un grand rôle dans la production de ce métal, n'était représentée que par une seule société, fort importante il est vrai, la maison Figueroa et Cie.

Cette maison a ses établissements principaux dans le district de Linarès; elle y exploite des mines considérables, telles que Arrayanes, appartenant à l'État, Coto Figueroa, Coto la Espanola, etc. Son usine San Luis, à Linarès, occupe une surface de 3 hectares et contient les appareils suivants :

20 fours à réverbère, pour fusion des galènes riches;

7 fours à manche, pour traitement des crasses grises et des résidus;

3 réverbères d'adoucissement;

3 chaudières de zingage;

2 fours de coupellation;

3 fours de réduction des litharges.

Elle possède 1,800 mètres de galeries de condensation pour les fumées; le tirage des divers appareils est assuré par une cheminée de 90 mètres de hauteur.

La Société Figueroa possède en outre, à Carthagène, une usine de désargentation traitant 28,000 tonnes de plomb par an, à Barcelone et à Marseille, des usines de dénaturation produisant de la céruse, de la litharge, des tuyaux, du plomb de chasse et du plomb laminé.

Une analyse du plomb de la maison Figueroa, faite à l'École des mines de Madrid, a donné les chiffres suivants :

Plomb	99.98275	Argent	0.00030
Zinc	0.00086	Antimoine	0.00497
Nickel	0.00018	Cuivre	0.00028
Fer	0,00126	Bismuth	0.00858
Cadmium	0,00082		

La production de plomb en saumons, dans les diverses usines de la maison Figueroa, a été de 51,642 tonnes en 1899; sur ce total, 3,620 tonnes ont été transformées en laminé et en tuyaux.

Le personnel de ses divers établissements, mines et usines, est actuellement de plus de 3,000 ouvriers; il ne s'y est produit aucune grève depuis l'origine de la maison, c'est-à-dire depuis 1820.

La maison Figueroa et Cie a obtenu une médaille d'or.

Une autre société espagnole, produisant une quantité importante de plomb, la Cruz, de Linarès, était également représentée à l'Exposition, mais dans la Classe 63 seulement.

Une troisième usine espagnole, celle de Renteria, près Saint-Sébastien (Guipuzcoa), figurait, à titre accessoire, dans l'exposition de la Compagnie asturienne à côté des produits se rattachant à la métallurgie du zinc. Créée en 1858, cette usine a été complétée récemment par l'installation d'un outillage spécial pour la fabrication de la céruse et du minium. En 1899, elle a produit 2,436 tonnes de plomb, 1,003 tonnes de céruse, 470 tonnes de minium et 1,835 kilogrammes d'argent.

La Société française des mines du Laurium exploite les mines principales de ce district classique et en extrait annuellement 350,000 tonnes de minerais de compositions fort diverses. Ce sont des minerais de fer, plus ou moins manganésifères, des calamines, des minerais de plomb, comprenant surtout des minerais oxydés et carbonatés relativement pauvres avec un peu de galène riche, enfin des minerais mixtes, contenant blende, pyrite et galène.

Les minerais de fer manganésifères et les calamines subissent sur place une simple calcination opérée au four à cuve s'ils sont en morceaux, au réverbère s'ils sont à l'état menu; ils sont exportés ensuite par le port d'Ergastiria, où la Société possède un wharf de construction métallique, avec deux grues à vapeur.

Le grillage des mixtes s'effectue en cases, celui des galènes dans six grands réverbères. Les minerais menus sont agglomérés en briquettes, puis passés avec les galènes grillées dans douze grands fours de fusion qui produisent ensemble une trentaine de tonnes de plomb par jour. Ce plomb tient 2 kilogrammes d'argent par tonne.

La production a été de 10,500 tonnes environ pendant l'année 1899.

La Société française des mines du Laurium a obtenu une médaille d'or dans la Classe 64.

Aucune des fonderies de plomb de la Grande-Bretagne n'avait exposé, mais on trouvait, dans le pavillon de l'Australie occidentale, des échantillons de la production d'une usine créée tout récemment à Fremantle, sous le titre : Western Australian Smelting Works, pour le traitement des minerais de plomb argentifères et aurifères. Cet établissement a obtenu une médaille d'argent.

La métallurgie du plomb a pris au Mexique, dans ces dernières années, un développement considérable. En 1889, la production de ce métal y avait été sensiblement nulle; en 1899, elle y a atteint le chiffre de 71,442 tonnes; en 1900, celui de 90,500 tonnes. Cette augmentation énorme tient à la création de quelques grandes usines, concentrant les minerais qui leur sont livrés par de nombreuses mines, fort disséminées, et les traitant au moyen d'appareils perfectionnés qui se rattachent généralement aux types en usage aux États-Unis.

Deux de ces usines figuraient à l'Exposition, mais elles y étaient représentées d'une manière bien imparfaite. L'une d'elles, la Grande Fonderie nationale mexicaine, à Monterey (Nuevo Leon), s'était bornée à envoyer deux lingots de plomb. L'autre, la Grande Fonderie centrale mexicaine, à Aguascalientes, avait exposé, outre quelques échantillons de plomb, de cuivre, de mattes, etc., des photographies qui ne permettaient pas

d'apprécier son importance réelle. Les documents numériques complémentaires ne sont arrivés qu'après la clôture des opérations du Jury. Ces circonstances expliquent pourquoi la Grande Fonderie nationale mexicaine a obtenu simplement une mention honorable dans la Classe 64.

Son usine d'Aguascalientes est un établissement considérable, créé en 1894-1895 par M. Daniel Guggenheim, de New-York, à la suite d'une entente avec le Gouvernement mexicain. Elle comprend :

1° Un atelier spécial pour les prises d'essai, effectuées à la main après broyage dans deux concasseurs Blake;

2° Une usine à plomb, organisée pour l'application de la méthode par grillage au réverbère et fusion réductive dans des water-jackets rectangulaires;

3° Une usine à cuivre, comprenant trois grands water-jackets rectangulaires et deux convertisseurs; elle a été décrite plus haut.

L'usine à plomb se subdivise en quatre parties principales :

1° Un atelier de broyage, comprenant deux concasseurs et une paire de broyeurs à cylindres;

2° Un atelier de grillage comprenant quatre réverbères à progression méthodique, où les charges de minerai, de 500 kilogrammes chacune et introduites de deux en deux heures, séjournent vingt-quatre heures en tout. Chaque four passe donc douze tonnes par jour. Ces réverbères sont munis de chauffes gazogènes;

3° Un atelier d'agglomération destiné à mouler en disques de 0 m. 10 et de 0 m. 06 d'épaisseur, d'un poids moyen de 1 kilogramme, les minerais pulvérulents et les fumées plombeuses provenant des chambres de condensation. Les machines employées, provenant de la maison américaine Cheese, Holme and White, produisent chacune, par douze heures, 50 tonnes de briquettes qu'on laisse ensuite sécher sous des hangars;

4° L'usine dispose, pour la fusion réductive, de trois grands fours passant 125 tonnes chacun par jour et de quatre, plus petits, passant 100 tonnes. Le minerai soumis à cette opération doit avoir été grillé assez complètement pour ne tenir que 2.5 à 3 p. 100 de soufre.

On n'utilise ordinairement que trois fours simultanément; on emploie, pour leur soufflage quatre ventilateurs Root n° 6, commandés directement par une machine à vapeur.

Les fondants employés sont du calcaire et parfois du minerai de fer provenant du Cerro de Mercado. La composition des scories est assez variable.

La coulée du plomb s'effectue à des intervalles d'une heure et demie.

Le plomb obtenu est assez impur : on lui fait subir un affinage et on le coule en saumons pesant 42 kilogrammes. Ces saumons sont expédiés à Perth Amboy (New-Jersey) où la maison Guggenheim possède une usine considérable.

Pendant les quatre dernières années de marche, l'usine d'Aguascalientes a traité en moyenne, par an, 108,500 tonnes de minerais de plomb et de cuivre, avec une production correspondante de 63,975 kilogrammes d'argent, 5,160 tonnes de plomb et 3,160 tonnes de cuivre brut.

FABRICATION DES ALLIAGES À BASE DE PLOMB.

La maison Lowenstein et Mayer, 6, rue Béranger, à Paris, prépare des lingots de zinc, d'étain et de cuivre, de formes variées, mais prévues le plus souvent en vue du laminage; elle emploie comme matières premières de vieux zincs, des minerais d'étain de Bolivie, des cuivres précipités provenant d'Espagne et de Portugal, du minerai Corocoro. La partie la plus intéressante de sa fabrication est la préparation d'alliages, de compositions fort diverses, qui sont consommés par la petite industrie parisienne. Elle avait exposé notamment une série d'alliages plomb-étain-antimoine, employés dans la fabrication de la poterie d'étain, des jouets et des caractères d'imprimerie, et présentant les compositions suivantes :

DÉSIGNATION.	ALLIAGE POUR POTERIE		MÉTAL POUR JOUETS.		CARACTÈRES D'IMPRIMERIE.
	dit CLAIRE DOUCE.	dit CLAIRE DURE.	I.	II.	
Plomb	40	38	80	84	70
Étain	60	57	6	2	10
Antimoine	//	5	14	14	20
TOTAUX	100	100	100	100	100

Son exposition comprenait des spécimens de plombs antimonieux contenant respectivement 5, 10, 16 et 20 p. 100 d'antimoine, de soudure plomb-étain contenant 33.5, 45, 50, 66 et 67 p. 100 d'étain; de bronzes divers, dont la composition variait de deux en deux unités, depuis 90 Cu — 10 Sn jusqu'à 80 Cu — 20 Sn, et enfin des alliages antifriction dont le tableau ci-dessous indique la composition :

	COMPAGNIE D'ORLÉANS.	COMPAGNIE DU MIDI.
Étain	75	83.333
Antimoine	12	11.111
Cuivre	4	5.355
Phosphure de cuivre	4	//
Plomb	7	//
TOTAL	102	100.00

La maison Lowenstein et Mayer a reçu une médaille de bronze.

La fabrication des alliages antifriction était encore représentée à l'Exposition par la Hoyt Metal Company (États-Unis), par la maison J. Nicolaiev, à Canavino, près Nijni-

Novgorod (Russie), et par la Société russo-américaine des métaux à Saint-Pétersbourg (Russie). Les deux premiers exposants s'étaient bornés à présenter des échantillons, sans fournir aucune indication sur leur composition; le premier n'avait même pas signalé les siens en temps utile à l'attention du Jury. D'après des renseignements fournis à une date très tardive, la fabrication journalière de la Hoyt Metal Company atteindrait le chiffre considérable de 150 tonnes par jour; pour mieux assurer l'homogénéité de l'alliage, le puisage dans le bain liquide, au moment de la coulée, se ferait au moyen d'une sorte de tympan hydraulique.

L'exposition de la maison J. Nicolaiev comprenait non seulement des alliages antifriction, mais aussi des plaques de cuivre électrolytique; il lui a été accordé une médaille de bronze.

Les alliages plombeux ne jouaient qu'un rôle accessoire dans l'exposition de la Société russo-américaine des métaux (antérieurement Scheffer et Cie) : les produits laminés ou étirés prédominaient. Ils seront mentionnés dans le chapitre suivant.

ÉLABORATION DU PLOMB ET FABRICATION DE SES DÉRIVÉS.

L'industrie ayant pour objet l'élaboration du plomb et sa transformation en produits marchands présente une grande importance en France, car la consommation totale de ce métal y oscille entre 60,000 et 85,000 tonnes par an. En 1899, elle a été de 76,849 tonnes, dont 11,200 seulement avaient été produites par les usines françaises traitant des minerais de provenances diverses.

Parmi les usines de cette dernière catégorie, une seule, celle de Couéron, appartenant à la Société de Pontgibaud, pratique la transformation du plomb brut, soit en tuyaux et en feuilles, soit en plomb de chasse, soit en litharge et en minium.

La Société de Pontgibaud fabrique des tuyaux non seulement à Couéron, où elle possède deux presses spéciales capables de produire 450 tonnes par mois, mais aussi à Paris où elle fait fonctionner, rue Saint-Sabin, une presse pouvant donner mensuellement 200 tonnes de tuyaux. Elle peut obtenir toutes les dimensions, depuis 1 jusqu'à 175 millimètres de diamètre. Elle applique le doublage en étain à une partie de ses produits.

Le laminage du plomb se pratique à Couéron jusqu'aux plus grandes dimensions demandées par l'industrie; une feuille figurant dans l'exposition de la Société avait 3 mètres de largeur sur 16 mètres de longueur et pesait 1,600 kilogrammes. La production de l'usine, en plomb laminé, est en moyenne de 400 tonnes par mois.

La fabrication du plomb de chasse se fait dans une tour de 70 mètres de hauteur et de 10 m. 40 de diamètre; une pareille hauteur de chute donne des grenailles parfaitement sphériques. L'usine fabrique également des balles et des chevrotines. La production mensuelle de l'atelier est de 300 tonnes par mois.

En ce qui concerne le minium et la mine orange, la production de Couéron peut atteindre 1,200 tonnes par an. Le massicot est obtenu par oxydation du plomb sur sole; ce produit intermédiaire est ensuite suroxydé dans des boîtes spéciales jusqu'à ce qu'il atteigne une teneur de 26 à 28 p. 100 de bioxyde de plomb.

Les grandes usines, qui ont pour objet principal l'élaboration du cuivre et de ses alliages, pratiquent généralement le laminage du plomb. C'est ainsi que la Compagnie française des métaux produit mensuellement, dans son usine de Saint-Denis, un millier de tonnes de feuilles et de tuyaux de plomb, parfois doublés intérieurement d'étain. M. Félix Hubin fabrique les mêmes articles dans son usine de Rouelles; son exposition comprenait des tuyaux de plomb, de 0 m. 1 de diamètre, de 4 mètres à 5 m. 50 de longueur et de 0 m. 005 d'épaisseur, des tuyaux en plomb étamés intérieurement, des tables de plomb laminé, etc.

L'usine des Chartreux, appartenant à MM. Faure et J.-B. Gautier fils, à Marseille, est une des principales usines françaises se livrant à l'élaboration du plomb, car elle

produit annuellement 4,000 tonnes environ de plomb de chasse, 4,000 de tuyaux et de plomb laminé, plus une quantité égale de litharge, minium, céruse, acétate de plomb, etc. En 1865, époque à laquelle MM. Faure et Gautier en prirent possession, sa production n'était que le dixième de ce qu'elle est actuellement.

L'usine possède deux presses à tuyaux pouvant fournir 25 tonnes par jour et des laminoirs capables de produire, par jour également, 12 tonnes de feuilles diverses.

L'atelier mécanique de fabrication du plomb de chasse pourrait livrer journellement 30 tonnes de plomb fini, lustré et mis en sacs; il a pour annexes des ateliers spéciaux affectés à la fabrication des balles de tous modèles et des chevrotines de tous calibres. D'autres ateliers fabriquent les plombs à sacs, les plombs de pêche, les fils et bandes de plomb, les barres et rondins étirés, les rondelles, les plombs pour accumulateurs et jusqu'à des accumulateurs garnis.

Les ateliers de fabrication des produits plombeux oxydés, tels que litharge, minium, céruse, etc., vont être développés de manière à permettre de porter leur production annuelle à 8,000 tonnes au besoin. Les ateliers sont aménagés de manière à éviter complètement l'intoxication saturnine.

L'usine occupe une surface d'environ 9,000 mètres carrés, dont plus de 7,000 couverts; elle possède 7 machines à vapeur, desservies par des chaudières représentant ensemble plus de 400 mètres carrés de surface de chauffe. Son personnel est de 150 hommes et de 35 femmes.

Son exposition, d'étendue très restreinte, ne donnait qu'une idée insuffisante de son importance réelle.

MM. Faure et J.-B. Gautier fils ont obtenu une médaille d'argent.

L'industrie de l'élaboration du plomb était imparfaitement représentée dans la section belge, par un unique exposant qui, à la rigueur, aurait dû figurer dans la Classe 65 plutôt que dans la Classe 64. C'était la Société anonyme d'électricité et de constructions mécaniques, à Bruxelles, qui présentait ses accumulateurs du système J.-M. Roux; elle a obtenu une médaille de bronze.

La même industrie était représentée, en ce qui concerne les États-Unis, par la National Lead Company qui s'était bornée à présenter quelques spécimens de tuyaux en plomb, avec des lingots de soudure et de métal antifriction. Cette exposition ne répondait guère à l'importance réelle de l'affaire et ne justifiait qu'une récompense d'ordre secondaire; dans ces conditions le Jury de la Classe 64 a jugé préférable de ne rien attribuer à la National Lead Company.

La société de la Poudrerie hellénique, à Athènes, produit annuellement 800 tonnes de tuyaux de plomb; elle en avait présenté quelques échantillons qui lui ont fait attribuer une mention honorable.

L'usine Geramb et Cie, à Selmecz Bánya (Hongrie), produit annuellement 2,000 tonnes de plomb provenant de ses exploitations minières. Elle en transforme une partie en tuyaux, grilles d'accumulateurs, plaques ondulées sur les deux faces, également pour accumulateurs, etc.; elle livre même des accumulateurs finis. Elle a obtenu une médaille d'argent.

La maison Camerini (Arthur), à Padoue (Italie), a pour spécialité la fabrication de la litharge dont elle produit 600 tonnes par an. Elle traite principalement des plombs provenant de l'usine de Pertusola; l'oxydation du métal est effectuée dans quatre réverbères à double sole, chauffés au bois de hêtre ou de sapin. Ces quatre réverbères sont installés dans une salle de 40 mètres de long, 15 mètres de large et 10 mètres de haut, très largement aérée par 26 fenêtres et 5 portes. Pour protéger les ouvriers contre l'action des poussières plombeuses, on leur fait porter des respirateurs du système Spasciani.

L'usine produit quatre qualités de litharge; elles sont désignées sous le nom de litharge ordinaire, demi-pailletée, feuilletée et moulue. La litharge feuilletée, employée surtout dans la pharmacie, est une spécialité de l'établissement. La consommation de la litharge moulue ou broyée se répand beaucoup depuis quelques années; ce produit tend à se substituer au minium pour un grand nombre d'usages. Mais le débouché principal de l'usine est toujours la fabrication de la litharge ordinaire; sa marque est très appréciée par les grands établissements céramiques d'Italie à cause de l'homogénéité et de la pureté de ses produits. M. Camerini a obtenu une médaille d'argent.

Une seule usine d'élaboration du plomb figurait dans la section russe de la Classe 64. Fondée en 1894 par M. Scheffer, à Saint-Pétersbourg (Vassili Ostrow), exclusivement en vue du laminage du plomb, elle s'est développée dès l'année suivante par l'adjonction d'un atelier de fabrication de tuyaux. En 1898, elle a été transportée sur un autre emplacement (perspective de Schlusselbourg) en vue de développer sa production en même temps que d'installer la fabrication des pièces d'accumulateurs.

En 1899, l'affaire a été fusionnée avec une autre, fondée à Saint-Pétersbourg par un Américain, M. Harrow, en vue de la fabrication de l'alliage antifriction dit *Hoyt Metal;* la fusion s'est faite par création d'une société anonyme russe, dite Société russo-américaine des métaux (Russian American Metal Co) dont le fonctionnement légal a commencé en juin 1900.

Cette société possède, outre les deux usines mentionnées ci-dessus, une usine de fabrication du Babbitt Hoyt Metal, à Londres; elle construit un laminoir à zinc à Saint-Pétersbourg et se propose d'installer la fabrication du Babbitt Hoyt Metal à Paris et à Hambourg.

L'outillage de l'usine de Saint-Pétersbourg est d'une grande puissance, surtout en ce qui concerne le laminage; il permettrait en effet d'obtenir annuellement 50,000 tonnes de plomb laminé, 5,000 tonnes de tuyaux, 3,300 tonnes de grilles d'accumulateurs ou autres moulages, enfin 10,000 tonnes de Hoyt Metal. Mais faute de demandes, la production est restée jusqu'ici bien inférieure à ces chiffres, bien qu'elle se soit développée assez rapidement. En effet, de 410 tonnes en 1895, elle s'est élevée à 4,100 tonnes de produits plombeux en 1899, sans compter 500 tonnes de Hoyt Metal. On estimait que ces chiffres s'élèveraient, pour l'exercice 1900, à 5,000 et 1,150 tonnes, et qu'il s'y ajouterait 500 tonnes de zinc laminé, après mise en marche de l'atelier en cours de construction.

Il ne reste, semble-t-il, qu'une marge assez restreinte pour le développement futur de l'usine, car l'introduction en Russie de plomb laminé et de tuyaux n'a pas dépassé, en 1899, le chiffre de 3,300 tonnes.

L'usine Scheffer élabore non seulement le plomb doux, base principale de ses diverses fabrications, mais aussi le plomb allié de corps étrangers en proportions convenables, de manière à atténuer la corrosion et à doubler ou même tripler sa résistance aux agents chimiques.

Le prix de vente des produits à base de plomb durci serait supérieur de 10 à 12 p. 100 à celui des produits correspondants fabriqués en plomb doux, mais la résistance mécanique supérieure de l'alliage qui les constitue permettrait à elle seule de réaliser une économie de 15 à 20 p. 100 sur le poids, sans parler des avantages résultant de l'augmentation de durée. Les avantages de l'emploi du plomb dur ne paraissent pas avoir été suffisamment appréciés jusqu'ici par l'industrie russe, car en 1899 la consommation de cet alliage n'avait été que de 160 tonnes. On espérait, il est vrai, arriver à tripler ce chiffre en 1900. Il est à regretter qu'aucune indication n'ait été fournie sur la composition de l'alliage en question.

L'usine de la Société russo-américaine des métaux est installée dans des conditions très satisfaisantes au point de vue hygiénique; tous les fours sont disposés de manière à assurer l'entraînement immédiat des fumées plombeuses par les cheminées; les ateliers renferment un cube d'air ne tombant jamais au-dessous de 150 mètres cubes par ouvrier employé et s'élevant parfois jusqu'à 1,000 mètres cubes.

Les installations mécaniques adoptées présenteraient, paraît-il, des avantages notables sur celles usitées jusqu'ici. La presse à tuyaux créée par M. Scheffer permettrait d'obtenir une régularité parfaite d'épaisseur, résultat que la presse ordinaire n'assure pas suffisamment. Les dispositions d'embrayage du train de laminage du plomb constitueraient également un progrès sur l'embrayage à friction, employé le plus souvent. Il était à regretter que l'exposition de la Société russo-américaine des métaux ne fournît pas d'indications sur ces divers perfectionnements. Elle renfermait simplement une série très variée de produits fabriqués, parmi lesquels on pouvait signaler des fils de plomb ayant seulement 0 m. 00016 de diamètre et des ressorts en plomb durci pour accumulateurs.

La Société russo-américaine des métaux a obtenu une médaille d'or dans la Classe 64.

MÉTALLURGIE DU ZINC.

L'industrie du zinc est une création du XIXe siècle.

En 1800, il n'existait sur le continent européen que deux usines où se pratiquât la distillation de ce métal, l'une à Wessola (Haute-Silésie), l'autre à Döllach (Carinthie); leur production était insignifiante. Le seul centre de fabrication régulière du zinc, en Europe, se trouvait aux environs de Bristol; sa production était peu importante.

La Chine fournissait, il est vrai, depuis une époque très reculée, une certaine quantité de zinc, mais cette quantité était également très limitée.

En 1899, la production du zinc, évaluée en tonnes métriques, se décomposait comme suit :

Allemagne	153,155	Grande-Bretagne	32,223
Autriche	7.305	Russie	6,325
Belgique	140,005	États-Unis	117,644
Espagne	6,500		
France	26,982	TOTAL	490,139

Cette production a subi, depuis 1889, un accroissement important qui s'est manifesté un peu partout. En Allemagne et en Belgique, cet accroissement a été continu. Aux États-Unis, il avait été remplacé, pendant la période 1892-1896, par une diminution sensible, mais il a reparu avec une grande intensité au cours de ces trois dernières années. En France, l'industrie du zinc s'est développée également d'une manière assez régulière; en Angleterre, elle a subi des oscillations importantes qui ne semblent obéir à aucune loi bien nette. Les autres pays mentionnés dans le tableau ci-dessus ont une production restreinte, qui est restée à peu près constante.

Considérée dans son ensemble, la production du zinc a augmenté constamment d'une année à l'autre, ainsi qu'il ressort du tableau suivant qui donne en même temps les cours du métal à Londres :

	PRODUCTION EN TONNES MÉTRIQUES.	COURS MOYEN DU ZINC À LONDRES.
	tonnes.	livres sterling.
1890	348,585	23. 4. 6
1891	362,204	23. 4. 8
1892	372,900	20. 16. 6
1893	378,093	17. 8. 0
1894	380,877	15. 9. 2
1895	416,621	14. 12. 2
1896	424,141	16. 11. 10
1897	443,181	17. 9. 10
1898	468,268	20. 8. 9
1899	490,139	24. 15. 9

La continuité de son accroissement n'a pas été dérangée par les oscillations du cours du zinc, oscillations dont le tableau ci-dessus indique le sens général. Après un maximum de £ 24.17, vers la fin de l'année 1890, le prix de la tonne anglaise, à Londres, est tombé à £ 13.18.9 en avril 1895 pour se relever, en mai 1899, à £ 28.12, cours le plus élevé qu'on ait coté depuis de longues années et qui n'a pu d'ailleurs être maintenu que très peu de temps. Depuis le commencement de 1901, le cours oscille entre £ 17 et £ 19, c'est-à-dire autour de £ 18, moyenne des cours pendant les vingt dernières années du siècle.

L'augmentation de la production s'est manifestée dans tous les districts producteurs, mais avec une amplitude fort inégale.

Pour le district de Haute-Silésie, elle n'a guère été que d'un dixième du chiffre initial, alors que la France, la Belgique et la région rhénane accroissaient leur production de moitié et que les États-Unis arrivaient presque à la doubler. C'est que les usines silésiennes sont alimentées principalement par les minerais locaux dont l'extraction est limitée, tandis que les usines de l'Ouest de l'Europe consomment surtout des minerais d'importation. L'Angleterre, placée dans des conditions analogues, plus favorables même peut-être, comme facilité d'approvisionnement, ne produit aujourd'hui guère plus de zinc qu'en 1890; cela paraît tenir à ce que, dans ce pays, l'industrie du zinc se trouve depuis de longues années dans des conditions difficiles au point de vue du recrutement de la main-d'œuvre.

L'essor rapide pris par l'industrie du zinc aux États-Unis tient principalement au développement de l'exploitation des gîtes de la région de l'Ouest (Missouri et Kansas). Il s'est manifesté surtout de 1897 à 1899 et peut provoquer, à un moment donné, des exportations de métal, à l'inverse de ce qui se passait antérieurement.

Les États-Unis produisent, outre le zinc métallique, une quantité importante d'oxyde de zinc extrait directement des minerais, principalement de ceux du New-Jersey, et employé dans la peinture. Cette production a été de 35,982 tonnes (métriques) en 1899.

Les seuls pays producteurs de zinc qui fussent représentés à l'Exposition étaient la France, la Belgique, l'Espagne et la Russie; les exposants étaient la Société de la Vieille-Montagne, la Compagnie royale asturienne, la Société des mines de Malfidano et la Société minière franco-russe de Dombrowa. La Société des houillères, mines et usines métallurgiques de Sosnowice, qui possède une usine à zinc tout près de celle de cette dernière société, avait fourni quelques renseignements que nous résumerons un peu plus loin, bien que la Société de Sosnowice ne fût pas inscrite dans la Classe 64.

On trouvait enfin, dans l'exposition de la Société des aciéries de France, certaines indications relatives à l'une des opérations préliminaires de la métallurgie du zinc, le grillage des blendes, combiné avec la fabrication de l'acide sulfurique, suivant la formule usitée dans son usine de Villefranche (Aveyron).

Le grillage de la blende, avec utilisation de l'acide sulfureux pour la production d'acide sulfurique, est pratiqué en France non seulement dans l'usine de Villefranche,

mais aussi dans celle d'Auby, appartenant à la Compagnie royale asturienne. La quantité de blende traitée annuellement dans cette dernière usine est d'une vingtaine de mille tonnes, puisque la Compagnie asturienne accuse une production de 18,982 tonnes d'acide sulfurique en 1899. Cette Compagnie n'avait d'ailleurs fourni aucune indication cette branche spéciale de son industrie.

A Villefranche, les fours de grillage comportent trois soles superposées, contenues dans un moufle unique chauffé extérieurement. Chacune de ces soles a 10 mètres de long sur 2 m. 10 de large. La blende, broyée à la grosseur de 0 m. 0015, est introduite sur la sole supérieure au moyen d'une trémie et étalée sur une épaisseur de 6 à 7 centimètres; on la fait progresser méthodiquement d'une sole sur l'autre, la soumettant ainsi à l'action de l'air qui circule en sens inverse, après s'être préalablement échauffé dans une chambre située au-dessus du foyer et communiquant avec le moufle inférieur par une série d'ouvertures. La blende grillée est tirée au râble par la porte de la sole inférieure la plus rapprochée du foyer.

Le personnel est de deux ouvriers par poste de 12 heures. La quantité traitée est de 13 t. 5 par jour; par année, pour l'ensemble de l'usine, elle a varié de 4,000 à 4,800 tonnes depuis la mise en marche régulière (année 1893-1894).

Les gaz sortant des fours de grillage passent d'abord dans des chambres situées au-dessus des fours et y déposent les poussières entraînées; de là ils vont dans la tour de Glover, puis dans les chambres de plomb. Le rendement moyen d'une tonne de blende crue est de 826 kilogrammes d'acide sulfurique à 50° Baumé.

Le type de four de grillage adopté à Villefranche a été créé par la Société de la Vieille-Montagne dans son usine d'Oberhausen. Il est très fréquemment usité aujourd'hui, avec diverses variantes, telles que l'addition d'une quatrième sole de grillage. L'utilisation de l'acide sulfureux pour la fabrication de l'acide sulfurique s'impose de plus en plus aujourd'hui; ses avantages sont tels que la Société de la Vieille-Montagne s'est décidée à substituer les fours à moufle aux fours à feu nu qu'elle avait primitivement installés dans son usine de Baelen-Wezel (Campine belge), créée en 1889, spécialement pour le grillage des blendes.

Distillation du zinc. — Une fois les minerais de zinc ramenés à l'état d'oxyde, par la calcination ou par le grillage, ils sont mélangés avec du charbon anthraciteux menu et soumis à une distillation réductrice en vases clos. Cette formule de traitement est évidemment assez imparfaite; elle donne une production journalière relativement peu importante par rapport au volume des appareils employés et entraîne de fortes consommations de combustible, de produits réfractaires et de main-d'œuvre. Aussi de nombreuses tentatives ont-elles été faites en vue d'obtenir la réduction des minerais de zinc au four à cuve. Elles ont constamment échoué jusqu'ici et semblent avoir peu de chances d'aboutir à un résultat favorable, étant donné d'une part que la température à laquelle la réduction de l'oxyde de zinc par le carbone commence à se manifester est à peine inférieure au point d'ébullition du métal sous la pression atmosphérique, et que, d'autre part,

IMPRIMERIE NATIONALE.

les vapeurs de zinc se réoxydent au cours de leur condensation, si le milieu gazeux ambiant contient une proportion d'acide carbonique supérieure à quelques millièmes.

De ces deux phénomènes résulte une véritable impossibilité pratique d'obtenir au four à cuve autre chose qu'une poussière de zinc partiellement oxydée, qui ne peut-être ramenée à l'état de zinc en lingots que par une deuxième distillation. Cette impossibilité semble actuellement bien établie; aussi les tentatives de production directe du zinc au four à cuve ont-elles été relativement peu nombreuses depuis une dizaine d'années.

Les seuls progrès réalisés pendant cette période ont été des progrès de détail, moins nombreux et moins importants que pendant les précédentes périodes décennales. Les principales améliorations apportées à la distillation du zinc depuis une trentaine d'années sont la fabrication mécanique des creusets ou moufles et le chauffage au gaz avec récupération plus ou moins complète de la chaleur. La première est adoptée aujourd'hui dans toutes les usines de l'Europe occidentale, généralement sous la forme d'un étirage à la presse hydraulique, suivant le système Dor. Ce mode de fabrication, breveté en 1872, permet d'obtenir des pâtes absolument compactes, présentant une résistance à la corrosion bien supérieure à celle des pâtes moulées à la main, et d'employer pour la fabrication de ces pâtes des mélanges moins chers que ceux que l'on employait autrefois. L'augmentation de résistance des creusets, due au changement de mode de fabrication, a permis de traiter des mélanges plus plombeux ou plus ferrugineux et d'utiliser par conséquent des minerais que l'on considérait autrefois comme impossibles à traiter.

Les usines du groupe silésien n'ont fait jusqu'ici qu'une application très restreinte de la presse Dor; estimant que cet appareil ne pouvait s'adapter à la fabrication des grands moufles, elles ont conservé en général la fabrication à la main, malgré tous ses inconvénients.

Au point de vue du chauffage, ces usines avaient pris, au contraire, une certaine avance sur la plupart des usines de l'Europe occidentale. Tous les fours silésiens, en effet, sont depuis longtemps chauffés au gaz; un certain nombre d'entre eux sont même munis de régénérateurs Siemens. Un certain nombre d'usines belges, au contraire, conservent encore le chauffage direct, assuré par des grilles horizontales placées immédiatement au-dessous des fours. Néanmoins il faut reconnaître que de nombreuses usines occidentales sont entrées depuis longtemps dans la voie du progrès en ce qui concerne la récupération de la chaleur. C'est notamment le cas des deux usines de Münsterbusch et d'Eschweiler qui emploient, depuis longtemps déjà, l'une, des récupérateurs tubulaires, l'autre, des récupérateurs analogues concurremment avec des empilages Siemens. Ce deuxième système de chauffage, appliqué avec circulation de la flamme suivant la longueur du four, comme en Silésie, paraît avoir actuellement une tendance marquée à se répandre dans les usines belges.

Les dispositions générales du four de réduction, abstraction du mode de chauffage, n'ont subi en Silésie aucune modification essentielle depuis 1833, époque à laquelle Knaut substitua au profil ogival des anciens moufles un profil surhaussé qui a été conservé depuis. Les fours à rangées multiples de creusets, d'un usage courant dans la région

rhénane, sont encore l'exception dans le district silésien; ils ne comportent que deux rangées superposées au lieu de trois.

En Belgique, certaines usines ont conservé les dispositions générales de l'ancien four liégeois, en substituant seulement aux creusets ronds des creusets surhaussés, de capacité plus forte, et en diminuant en conséquence le nombre des rangées horizontales. En même temps, elles remplaçaient l'ancienne grille à barreaux droits par une grille à gradins, assez profonde pour pouvoir fonctionner comme gazogène. Ce type de four liégeois perfectionné, désigné souvent sous le nom de four Dor, se rencontre en Belgique, dans les mines d'Ampsin, de Boom, de Sclaigneaux; en France, dans celles de Saint-Amand (Nord); il peut donner d'excellents résultats au point de vue du rendement en zinc, avec des consommations de combustible moyennement élevées, mais il exige un personnel très exercé.

Un type analogue, mais à gazogène indépendant et muni d'un plus grand nombre de rangées de creusets, fonctionne à l'usine de Corphalie, et y donne des résultats analogues.

Le type à deux devantures réunies sous une voûte unique, avec renversement du sens de circulation des flammes au passage sous cette voûte, est usité à Angleur, à Auby et à Ougrée. Il nécessite l'emploi d'une chauffe gazogène, placée soit immédiatement au-dessous de la première devanture, soit en dehors de la halle (Ougrée); la combustion des gaz s'effectue comme dans le four Dor, au moyen d'admissions d'air ménagées dans la paroi médiane, le plus souvent à la base de la première devanture et au haut de la deuxième.

Ce modèle de four, moins simple peut-être que le four Dor et moins susceptible de donner des rendements élevés entre les mains d'un personnel de choix, se prête mieux au contraire à l'obtention de résultats satisfaisants entre les mains d'un personnel de qualité moyenne. Le réglage du four dépend en effet exclusivement du surveillant, les ouvriers n'ayant plus à se préoccuper que de la partie matérielle de leur tâche. Mais il faut reconnaître que la régularité du chauffage est assez difficile à assurer, à cause de la longueur de parcours de la flamme.

La même objection s'applique aux fours liégeois munis de régénérateurs Siemens, tels que la Société de la Campine belge les a expérimentés dans son usine de Budel.

La récupération par inversion est peu compatible avec les conditions de chauffage des fours liégeois, qui comportent un long parcours pour les flammes; elle s'adapte bien, au contraire, au chauffage des fours de type mixte, usités dans la région rhénane.

Ces fours, dérivés du type silésien par la substitution de rangées superposées de petits moufles à la rangée unique de grands moufles, paraissent constituer le modèle de four à zinc présentant les proportions les plus convenables pour atténuer les pertes de chaleur, et le mieux approprié à l'utilisation d'un personnel médiocrement expérimenté.

Créés à peu près simultanément, il y a une quarantaine d'années, à Eschweiler, près de Stolberg, et à Viviez (Aveyron), ils se sont répandus progressivement dans toute la région rhénane, en Belgique et en France. Ils sont parfois munis de grilles centrales, à barreaux droits, rappelant celles des anciens fours silésiens, mais le plus souvent ils sont chauffés

au moyen de gazogènes indépendants, tantôt accolés au four, tantôt placés en dehors de la halle; ils possèdent généralement des récupérateurs de chaleur.

La Société de la Vieille-Montagne emploie ce type, mais avec un système assez sommaire de récupération de chaleur, à Valentin-Cocq et à Flône, à Oberhausen et à Viviez.

Les usines de Münsterbusch (Société de Stolberg-Westphalie) et de Noyelles-Godault (Société de Malfidano) ont complété le type primitif par l'adjonction de véritables récupérateurs, à circulation continue; celles de Neerpelt et de Prayon, par celle de régénérateurs Siemens. Il semble que ces deux variantes concilient d'une manière satisfaisante les conditions un peu contradictoires auxquelles doivent satisfaire les fours à zinc.

Le type rhénan ne s'est pas introduit jusqu'ici aux États-Unis, où se rencontre exclusivement le type liégeois, profondément modifié, il est vrai, dans certaines usines, en vue de son adaptation au chauffage au gaz. Le gaz employé est parfois le gaz naturel, comme dans le district d'Iola (Kansas); d'autres fois, il est obtenu au moyen de gazogènes. Pour assurer sa combustion complète, on le fait souvent circuler dans le sens de la longueur des fours, longueur qui devient considérable quand chaque rangée comporte, par exemple, 60 creusets juxtaposés. Pour assurer la régularité du chauffage, il faut avoir recours à des admissions successives d'air, parfois même de gaz combustible. La conduite de l'appareil doit être très difficile et l'on est amené à se demander s'il ne vaudrait pas mieux adopter le type rhénan qui se prête tout aussi bien à un pareil agrandissement de dimensions avec de moindres complications de chauffage. L'exposition des États-Unis dans la Classe 64 ne fournissait d'ailleurs aucune indication sur les conditions techniques et économiques du fonctionnement de l'industrie du zinc dans ce pays.

Parmi les représentants de cette industrie en Europe, il convient de citer en première ligne la Société de la Vieille-Montagne, dont l'exposition était des plus intéressantes. On y rencontrait en effet non seulement une série complète d'échantillons des minerais exploités par la Société et des produits obtenus par elle, mais encore des vues pittoresques de ses mines et usines, des données numériques sur le développement progressif de son industrie et des indications sur l'importance des institutions philanthropiques créées par la Société en faveur de son personnel. Cette dernière partie de l'exposition de la Vieille-Montagne échappe à notre examen.

Personne n'ignore à quel point l'histoire de la Société de la Vieille-Montagne est liée à celle du développement de la métallurgie du zinc dans l'Europe occidentale. Au moment où Dony obtint (24 mars 1806) la concession du puissant gîte calaminaire de Moresnet, exploité de temps immémorial pour la fabrication du laiton, l'industrie du zinc ne fonctionnait régulièrement que dans un seul district européen, celui de Bristol, où elle avait été importée de la Chine, semble-t-il, vers le milieu du XVIIIe siècle, et où l'on appliquait une méthode *per descensum*, tenue rigoureusement secrète. La métallurgie silésienne en était encore à ses premiers tâtonnements; c'est vers 1815 seulement qu'elle devait arriver à une formule définitive. Dony était donc obligé, pour satisfaire à l'article du cahier des charges de sa concession l'obligeant à extraire de la calamine du zinc métallique, de créer un type de four à zinc sans pouvoir profiter utilement de l'expérience

déjà acquise dans d'autres districts européens. Nous ne possédons malheureusement aucun document qui permette de rétablir l'historique de ses tentatives; il paraît difficile, en effet, de considérer comme authentique la légende du pot à fleurs qui aurait servi, dit-on, de prototype au tube conique usité comme condenseur dans la méthode belge. En réalité, il semble, d'après le texte même du brevet pris par Dony, le 7 décembre 1809, que cet inventeur ait suivi d'abord une voie analogue à celle qui a conduit à la création de la méthode silésienne. C'est plus tard seulement que ses recherches ont pris une autre direction; d'après les indications fournies par Hollunder, il est certain que des fours liégeois possédant déjà tous leurs éléments caractéristiques fonctionnaient en 1818, au moment où Dony cédait son entreprise à Dominique Mosselmann, mais l'évolution du procédé, entre 1809 et 1818, reste impossible à reconstituer.

Le modèle de four belge à 16 creusets, tel qu'il fonctionnait en 1818 dans l'usine de Saint-Léonard, laissait sans doute beaucoup à désirer au point de vue de la régularité de marche et de l'économie de fabrication, car Mosselmann ne tira, semble-t-il, que peu de profits de son industrie. A sa mort, survenue en 1837, son entreprise fut transformée en Société anonyme, au capital de 7 millions de francs, divisé en 7,000 actions de 1,000 francs chacune; c'était la Société de la Vieille-Montagne.

Depuis cette époque, le développement des affaires de cette Société a suivi une progression constante dont les chiffres ci-dessous peuvent donner une idée :

ANNÉES.	PRODUCTION EN TONNES.		
	MINERAI.	ZINC BRUT.	ZINC LAMINÉ.
1837	11,984	1,833	268
1849	31,425	7,844	5,536
1859	42,506	24,998	20,327
1869	69,813	43,037	28,216
1879	71,746	43,750	41,882
1889	85,406	53,205	50,173
1899	135,804	69,672	58,369

Depuis son origine jusqu'à la fin de 1899, la Société a produit 2,095,985 tonnes de zinc; sur son capital initial, porté à 9 millions de francs en 1853 par les fusions avec les Sociétés de la Prusse rhénane, de Valentin-Cocq et de la Meuse, elle a distribué en moyenne depuis l'origine 23 p. 100 à ses actionnaires tout en opérant des amortissements qui se sont élevés à 54,944,741 fr. 47.

De pareils résultats n'ont pu être obtenus que par une administration active, méthodique et prudente, ayant pour préoccupation constante l'avenir de l'affaire. Aujourd'hui la Vieille-Montagne possède en Belgique trois usines à zinc, celles d'Angleur, de Valentin-Cocq et de Flône (celle de Saint-Léonard ayant été démolie en 1880); en Allemagne, l'usine de Borbeck; en France, celle de Viviez. Elle grille les blendes à Flône et à Baelen-Wezel (Belgique) ainsi qu'à Oberhausen (Allemagne), lamine le

zinc dans cette dernière usine ainsi qu'à Angleur et Tilff (Belgique), à Bray, Dangu, Penchot et Hautmont (France) et fabrique du blanc de zinc à Valentin-Cocq (Belgique) ainsi qu'à Levallois-Perret (France). A ses usines de laminage sont adjoints des ateliers spéciaux de zinguerie, où se fabriquent notamment les feuilles en forme d'ardoises dont la Vieille-Montagne a propagé activement l'emploi.

Pour alimenter régulièrement un pareil groupe d'usines métallurgiques, il fallait s'assurer un approvisionnement considérable de minerais. Le gîte de Moresnet, malgré son énorme importance, ne pouvait y suffire indéfiniment; il a été épuisé il y a une vingtaine d'années, après avoir fourni plus de 2,200,000 tonnes de minerai. La concession de Moresnet renferme, en dehors du gîte principal, de nombreux gisements zincifères dont un certain nombre ont été mis en exploitation, grâce aux recherches méthodiques entreprises par la Société. Celui de Fossey a fourni une quantité importante de calamine d'une pureté équivalente à celle du grand gîte de Moresnet; ceux de Schmalgraf, d'Eschbroich et de Mutzhagen produisent de belles blendes à texture zonée, un peu plombifères.

La Société de la Vieille-Montagne ne devait pas borner son activité minière à l'exploitation de la concession de Moresnet. Dès 1857, elle achetait en Suède les importants gisements blendeux d'Ammeberg; elle a acquis depuis les gîtes blendeux non moins importants de Lüderich, Castor et Silbersand, dans le district de Bensberg, de nombreux gîtes calaminaires en Sardaigne et dans les environs de Bergame, les concessions de Roussen et Saint-Laurent-le-Minier en France, du Hammam et de l'Ouarsenis en Algérie, de Djebba et El Akhouat en Tunisie, quelques gîtes d'importance secondaire en Espagne, enfin, à une époque relativement récente, d'importantes exploitations de blende dans le district de Nenthead (nord de l'Angleterre).

Les calamines produites dans les diverses exploitations de la Société sont ordinairement calcinées sur place; les blendes, au contraire, sont expédiées à l'état cru et grillées à Oberhausen, à Flône ou dans le grand établissement que la Société a créé en 1889 à Baelen-Wezel. Les minerais calcinés ou grillés sont ensuite répartis entre les diverses usines de distillation.

Parmi ces usines, une seule, celle d'Angleur, applique encore l'ancienne méthode belge, transformée par l'addition de chauffes gazogènes et le passage successif des flammes dans deux compartiments accolés. Les grands fours qu'on y emploie, à double devanture et à chauffe gazogène, recevant deux cents creusets, travaillant par périodes de vingt-quatre heures et produisant 2,600 à 2,800 kilogrammes de zinc par jour, diffèrent radicalement des petits fours à 16 creusets qui fonctionnaient à l'origine dans l'usine de Saint-Léonard.

Les autres usines de la Vieille-Montagne emploient les fours mixtes, à trois rangées de grands creusets, qui semblent destinés à devenir le type prédominant dans les usines à zinc.

Ceux de Flône et de Valentin-Cocq ont conservé le chauffage direct, avec grilles à barreaux droits, ceux de Borbeck et de Viviez sont munis de gazogènes indépendants. Il

semble que cette deuxième disposition présente surtout des avantages au point de vue de la commodité du travail et de la facilité qu'elle donne pour employer un personnel moins expérimenté, sans procurer d'ailleurs d'économie bien sensible sur la consommation de combustible. A Viviez, où le combustible employé est de qualité fort médiocre, on a dû souffler les gazogènes pour assurer aux fours une marche régulière.

La Société de la Vieille-Montagne fabrique tous les produits réfractaires destinés à l'approvisionnement de ses usines. Elle a aménagé, dans ses divers établissements, cette fabrication de telle manière que la production de poussières soit réduite au minimum. A Angleur, elle emploie pour la fabrication des creusets le système par forage, installé par M. Vapart, ancien directeur de l'usine. Partout ailleurs, elle a adopté la presse Dor, qui fournit des produits plus denses et s'adapte plus facilement à la fabrication des creusets elliptiques.

Outre le zinc de qualité courante, la Vieille-Montagne fabrique des marques spéciales par distillation fractionnée, à basse température, de minerais très purs déjà par eux-mêmes. Depuis longtemps, elle a fait apprécier par les consommateurs ses zincs d'art, qui servent de matière première à une fabrication artistique dont l'Exposition présentait de remarquables spécimens.

A une époque plus récente, elle a cherché à produire couramment un métal plus pur encore, de qualité équivalente à celui des usines américaines de Bertha et de Bergenport, ces derniers obtenus avec des minerais de Franklin (New-Jersey), à base de zincite et de willémite. Elle a obtenu, avec les mêmes matières premières, des produits aussi purs, ne tenant qu'un demi-millième au plus de corps étrangers et employés couramment aujourd'hui par l'Administration française de la guerre.

La Société de la Vieille-Montagne vend fort peu de zinc brut en dehors de ses marques spéciales; elle transforme la plus grande partie de sa production en laminé ou en blanc de zinc.

L'industrie du laminage du zinc n'a réalisé aucun progrès important dans ces dernières années. La Société la pratique au moyen d'un outillage puissant et perfectionné; elle transforme une partie notable de sa production en ardoises de zinc, de forme ordinaire ou en losange, en feuilles à double nervure (système Baillot), en tuiles de zinc agrafées servant à obtenir des couvertures économiques, en zinc cannelé ou ondulé, etc.

Elle fabrique une foule d'articles spéciaux, tels que lingots ou bandes de zinc destinées à empêcher l'adhérence des incrustations dans les chaudières, éléments de piles, disques pour cyanuration, clous de zinc pour fixer les doublages en zinc pour navires, fils de zinc, feuilles perforées, feuilles à satiner les papiers, plaques pour impressions zincographiques, etc.

Elle transforme, par combustion directe, une quantité importante de zinc brut en blanc de zinc, de qualité supérieure à celui produit en Amérique par le procédé Wetherill.

Son *blanc de neige* est obtenu exclusivement avec le zinc provenant du minerai de Moresnet; en brûlant des zincs plus ordinaires, elle obtient des produits de qualité cou-

rante. Les déchets de fabrication fournissent un produit connu sous le nom de gris-pierre qui sert principalement à la fabrication d'un ciment à l'oxychlorure de zinc.

La Société de la Vieille-Montagne a fait beaucoup pour propager l'emploi du blanc de zinc en peinture et notamment pour faire ressortir les avantages de cet emploi au point de vue hygiénique. Elle livre couramment au commerce le blanc broyé à l'huile et absolument exempt de tout corps étranger, tel que le sulfate de baryte.

La Compagnie royale asturienne est de création plus récente que la Société de la Vieille-Montagne, du moins sous sa forme définitive. Son origine première remonte bien, il est vrai, à 1833, mais son objet unique était alors l'exploitation de la houille. C'est en 1853 seulement qu'a été constituée en Belgique la Société anonyme actuelle dont le capital, porté progressivement à 6 millions de francs, a aujourd'hui, dans le bilan, sa contre-partie en réserves, après amortissement complet des immobilisations. La Compagnie royale asturienne a donc obtenu des résultats financiers au moins équivalents à ceux réalisés par la Société de la Vieille-Montagne.

C'est le gîte calaminaire de Réocin (Asturies) qui a joué, dans le développement de la Compagnie asturienne, le même rôle que celui de Moresnet à l'origine de la Société de la Vieille-Montagne. Les autres gisements zincifères exploités par la Compagnie dans les provinces de Santander et de Guipuzcoa n'ont eu qu'une importance relativement secondaire.

A une époque beaucoup plus récente, depuis une dizaine d'années environ, la Compagnie asturienne a élargi le cercle de son activité minière; elle possède aujourd'hui la concession de Menglon dans la Drôme et les mines de zinc et de plomb de Sidi-Ahmed en Tunisie. Elle exploite en outre des mines de plomb en Espagne, dans la province de Jaen.

Pendant une quinzaine d'années, à partir de son origine, la Compagnie avait vendu la plus grande partie de la calamine qu'elle produisait; elle ne pouvait, en effet, en traiter qu'une fraction assez faible dans son usine à zinc d'Avilès (Asturies) créée en 1854. En 1868, elle se décida à installer à Auby, près de Douai, une grande usine destinée à alimenter de zinc le marché français. Cette usine avait été primitivement munie de fours liégeois avec régénérateurs Siemens; le fonctionnement de ces appareils donna lieu à des difficultés qui auraient peut-être pu être surmontées moyennant quelques modifications de détail. La Compagnie préféra procéder à une transformation radicale, qui a été l'origine du type des fours à double devanture et à tirage renversé, qu'elle emploie encore aujourd'hui. L'usine d'Auby est actuellement une des plus importantes de l'Europe au point de vue de la production du zinc brut: elle a produit 19,400 tonnes de ce métal en 1899 et en a transformé 13,048 en zinc laminé.

Cette usine comprend, outre ses fours de distillation, un atelier de préparation mécanique des minerais, un atelier de grillage des blendes avec fabrication d'acide sulfurique, un four à manche pour traitement des minerais plombeux, un laminoir à plomb et une presse à tuyaux.

L'usine d'Avilès (Asturies) a produit 6,328 tonnes de zinc brut en 1899; elle en a

converti 2,335 en laminé. L'usine à plomb de Renteria, près Saint-Sébastien, a déjà été mentionnée dans un autre chapitre.

L'élément caractéristique de l'exposition de la Compagnie asturienne était un panorama de l'usine d'Auby, encadré d'un système d'arcs et de pylônes formés par un assemblage de métaux bruts et façonnés provenant de ses usines. En avant se trouvaient placés des échantillons variés de minerais, de lingots de zinc de toutes qualités, depuis le zinc pour laminage ou pour galvanisation jusqu'au zinc d'art ou au zinc pour laiton à cartouches, des feuilles d'épaisseurs et de dimensions variées, soit à l'état naturel, soit nickelées, cuivrées ou même dorées; enfin des ardoises de zinc et autres produits façonnés. L'industrie du plomb était représentée par des saumons raffinés, des saumons de plomb antimonieux, des feuilles ayant jusqu'à 3 mètres de largeur avec une épaisseur d'un demi-millimètre à 10 millimètres, des tuyaux de plomb variés, enfin des barres d'argent fin.

Un grand prix a été décerné par le Jury de la Classe 64 à la Compagnie royale asturienne.

La Société anonyme des mines de Malfidano, dont le siège social est à Paris, est moins ancienne que la Société de la Vieille-Montagne et même que la Compagnie asturienne; son existence ne remonte en effet qu'à l'année 1868. Pendant la période s'étendant de sa fondation au 31 janvier 1900 elle a distribué à ses actionnaires 15 p. 100 en moyenne de son capital initial, tout en leur remboursant 8,295,000 francs sur ce capital, qui s'élevait primitivement à 12,500,000 francs. Sur les 50,000 actions actuelles résultant du dédoublement des 25,000 actions initiales, 32,380 sont donc des actions de jouissance.

La métallurgie n'a contribué que pour une faible part à l'obtention de ces résultats. Jusqu'en 1893, la Société de Malfidano s'était bornée à exploiter d'une manière intensive les puissants gîtes calaminaires qu'elle possèdait en Sardaigne, dans le district d'Iglesias, et accessoirement quelques mines de plomb dans le même district. Elle a accru depuis son domaine minier par l'obtention ou l'amodiation de deux concessions de blende et galène situées en France.

Mais la principale modification apportée dans son fonctionnement a été la création de l'usine de Noyelles-Godault (Pas-de-Calais), sur un terrain d'une quarantaine d'hectares, situé sur le canal de la Haute-Deûle et raccordé par une voie ferrée de 3 kilomètres avec l'embranchement des mines de Dourges, aboutissant à la station d'Hénin-Liétard. Cet emplacement, situé sur le terrain houiller, présentait les conditions les plus favorables au point de vue du transport des minerais; il était d'ailleurs assez vaste pour suffire à tous les développements futurs de l'usine.

La construction de l'usine à zinc a été commencée le 26 janvier 1894; le 22 décembre de la même année, on mettait à feu les premiers fours. Après quelques essais, on adopta le type rhénan, à récupérateurs tubulaires, comportant 240 creusets par four, c'est-à-dire permettant de traiter par appareil et par an 2,000 tonnes de minerai de composition normale. L'usine comprend 11 fours ou massifs, dont 9 du type précédent et 2 du type belge.

Ces appareils sont placés dans une halle métallique de 182 mètres de longueur, de 18 mètres de portée et de 10 mètres de hauteur. L'étage inférieur, établi au niveau du sol naturel, sert à assurer le décrassage des grilles et l'enlèvement des résidus de distillation; l'étage supérieur constitue le niveau de travail.

Cette installation, faite en une seule fois, sur un plan systématique, aurait pu donner d'excellents résultats si des causes d'ordre non technique n'étaient venues gêner son fonctionnement normal.

Les aménagements accessoires de l'usine de Noyelles-Godault comprennent :

1° Un atelier de broyage des minerais et de préparation des mélanges pour les fours;

2° Un atelier de fabrication des creusets et autres produits réfractaires;

3° Un atelier de réparations;

4° Un atelier de préparation mécanique, pratiquant à la fois le lavage des résidus de creusets, pour en retirer le plomb et l'argent, et celui des résidus de foyer pour en retirer les escarbilles. Celles-ci sont utilisées pour le chauffage des séchoirs de l'atelier de produits réfractaires et des bureaux de l'usine.

Les produits concentrés provenant du lavage des résidus de creusets vont à l'usine à plomb, dont il a été fait mention dans un autre chapitre.

L'usine de Noyelles-Godault renferme une installation de fabrication directe du blanc de zinc par le procédé Wetherill, la seule qui existe en France. Cette installation a été faite en 1897, spécialement en vue de tirer parti des minerais très ferrugineux, mais à peu près exempts de plomb, que la Société exploite à Baueddu (Sardaigne). Elle pourrait produire annuellement un millier de tonnes de blanc de zinc, mais sa plus forte production a été de 605 tonnes, en 1899. Le peu d'élévation de ce chiffre tient surtout aux difficultés que rencontre, en Europe, l'écoulement du blanc de zinc obtenu par le procédé direct, à raison des exigences des consommateurs en ce qui concerne la qualité.

La production de l'usine de Noyelles-Godault en zinc brut est restée également, pour des raisons diverses, bien au-dessous du chiffre prévu lors de la création de cet établissement. Son maximum a été de 5,507 tonnes en 1899-1900; elle a diminué sensiblement depuis cette époque.

La qualité des produits obtenus avec les minerais de Malfidano est d'ailleurs satisfaisante, ainsi qu'on pouvait s'en rendre compte par l'examen des éléments décoratifs entrant dans l'élégante exposition de la Société, notamment des spécimens de découpage, d'emboutissage et de moulage. Cette exposition était complétée par des échantillons variés de minerais, de blanc et de gris de zinc, ainsi que de produits de la métallurgie du plomb et de l'argent.

On a vu plus haut que la Société de Malfidano se trouvait hors concours.

La Société de Biache-Saint-Waast avait cherché surtout à mettre en évidence, dans son exposition, la puissance de l'outillage de ses usines de Biache; cependant quelques échantillons de minerais et quelques plaques de zinc brut, figurant dans cette exposition,

rappelaient que la Société possède à Ougrée, près Liège, une usine à zinc pouvant produire 4,500 tonnes par an.

Les fours employés à Ougrée sont des fours à double devanture, avec chauffage de la deuxième par tirage renversé.

Ces fours sont munis de gazogènes placés à l'extérieur de la halle; les gaz sont y brûlés au moyen d'une double admission d'air secondaire, opérée à la base de la première devanture et au sommet de la deuxième. L'usine d'Ougrée traite surtout des minerais à teneur relativement élevée; elle fabrique une certaine proportion de zinc d'art.

Pour concentrer les résidus de distillation en vue de l'extraction du plomb, elle emploie une trieuse électro-magnétique du système Jaspar, permettant de traiter 20 tonnes de matières brutes en dix heures, avec une force motrice de 2 chevaux.

L'usine d'Ougrée possède une installation de fabrication de blanc de zinc par le procédé direct; cette installation est inactive depuis plusieurs années.

Il était regrettable que l'industrie du zinc en Haute-Silésie ne fût pas représentée à l'Exposition. Ce district comprend des usines de premier ordre telles que celles de la Société silésienne (27,225 tonnes de zinc en 1899), des Héritiers von Giesche (25,175 tonnes), etc. On pouvait cependant se faire une idée, assez imparfaite, il est vrai, des conditions spéciales de fonctionnement de l'industrie du zinc en Silésie par l'étude des expositions de la Société de Sosnowice et de la Société minière franco-russe, situées de l'autre côté de la frontière russe, mais fonctionnant l'une et l'autre dans des conditions économiques assez peu différentes de celles des usines silésiennes.

Fondée le 11 mai 1890, la Société anonyme (russe) des charbonnages, mines et usines de Sosnowice a un capital de 26 millions de francs, soit 9,750,000 roubles, représenté par 52,000 actions de 500 francs. Elle a en outre une dette de 20 millions de francs, en obligations de 500 francs remboursables au pair, en trente-deux ans. C'est une affaire considérable dont l'objet principal est l'exploitation de 35 concessions houillères, occupant 6,500 hectares et produisant actuellement 1,500,000 tonnes de houille par an. L'utilisation de ses 21 concessions de zinc et plomb, représentant une surface totale de 4,160 hectares et produisant annuellement 20,000 tonnes de calamine, est pour cette Société un élément relativement secondaire. Elle se fait jusqu'ici, dans le seul district de Boleslaw, par galeries d'écoulement; les concessions que la Société possède près de Slawkow restent inexploitées.

Le minerai est extrait de la dolomie triasique; il se compose principalement de veines de calamine cimentant un conglomérat dolomitique et, accessoirement, de mouches de blende avec un peu de galène. Jusqu'ici les minerais trop riches en plomb sont restés inutilisés à cause de la corrosion intense qu'ils font subir aux moufles. On va monter une laverie pour séparer la calamine et la blende de la galène qui sera utilisée séparément.

Les minerais actuels ne tiennent en moyenne que 15 p. 100 de zinc; ils sont traités à l'usine Pauline, située près de Dombrowa. Cette usine possède 22 fours de réduction recevant chacun 36 moufles dont la charge est de 100 kilogrammes de calamine crue.

Les fours sont chauffés au moyen de gazogènes situés en dehors de la halle; ils comportent des soles annexes servant à la calcination du minerai au moyen des flammes perdues.

La durée de distillation des charges est de vingt-quatre heures; l'écart au traitement semble être assez voisin du quart de la teneur. La production annuelle est de 2,500 tonnes de zinc brut pour un personnel de 300 ouvriers.

La Société possède à Sosnowice une autre usine qui comprend un atelier de laminage et un atelier de fabrication de blanc de zinc. Le premier se compose simplement d'un four de refonte du zinc brut, d'un train dégrossisseur et d'un finisseur avec les accessoires nécessaires, cisailles, etc. Il emploie 70 ouvriers et peut produire annuellement 3,000 tonnes de laminé.

La fabrique de blanc de zinc possède un seul four à 16 moufles, chauffé par deux gazogènes. On brûle dans les moufles du zinc brut, des alliages ferreux (dits mattes) provenant de la galvanisation du fer et d'autres déchets analogues. La combustion se fait, suivant la formule usuelle, au moyen d'air chauffé par son passage à travers un feu de coke et chargé en même temps d'une certaine proportion d'acide carbonique. Les produits de l'oxydation vont se déposer dans de grandes chambres; on en fait trois catégories, le blanc n° 0, le blanc n° 1 et le gris de zinc, et on les emballe en barils de 50 kilogrammes.

La production annuelle pourrait atteindre 2,000 tonnes par an; elle est toujours restée notablement au-dessous de ce chiffre, à cause de la difficulté qu'on éprouve à l'écouler.

La Société des charbonnages de Sosnowice n'exposait pas dans la Classe 64.

La Société minière franco-russe exploite à Boleslaw des concessions voisines de celles de la Société de Sosnowice et situées au même niveau géologique : elle en exploite également à Olkusch, à quelques kilomètres plus à l'Est. Elle produit annuellement de 24,000 à 25,000 tonnes de minerais tenant en moyenne 20 p. 100 de zinc et les traite dans son usine de Bendzin.

Cette usine renferme 22 fours silésiens à 40 moufles, chauffés au moyen de gazogènes extérieurs et munis chacun de deux brûleurs. Les moufles ont les proportions usitées en Silésie, c'est-à-dire une largeur intérieure de 0 m. 15 avec une longueur de 1 m. 53 et une hauteur de 0 m. 54; ils reçoivent des charges de 100 kilogrammes de minerai cru avec 25 kilogrammes de charbon de réduction. L'écart au rendement est de 25 à 28 p. 100. La production de zinc brut a été de 3,200 tonnes environ en 1899; elle pourra être notablement augmentée lorsqu'on aura terminé l'aménagement définitif de l'usine Constantin, où la construction de 12 fours à 40 moufles a été entreprise en se réservant la possibilité de doubler ce nombre.

La Société minière franco-russe ne pratique pas le laminage. Elle a obtenu une mention honorable.

Laminage du zinc. — La plupart des grandes sociétés qui produisent du zinc brut laminent tout ou partie de leur production; il en est notamment ainsi pour la Société

de la Vieille-Montagne, la Compagnie royale asturienne, la Société de Biache-Saint-Waast et la Société de Sosnowice. Mais l'industrie du laminage du zinc est pratiquée également par des usines spéciales achetant le métal brut qui leur sert de matière première. Deux de ces usines étaient représentées à l'Exposition : la Société métallurgique des laminoirs de l'Est (France) et la Société anonyme des laminoirs de zinc, à Vácz (Hongrie).

La Société métallurgique des laminoirs de l'Est est de création récente; elle a été fondée le 6 décembre 1898, à Roubaix, où se trouve son siège social. Elle a pour objet le traitement et le laminage du plomb et du zinc, mais plus particulièrement de ce dernier métal, autant du moins qu'on pouvait en juger par les produits exposés, comprenant exclusivement des zincs laminés de dimensions diverses.

L'usine de la Société se trouve à Phade-Monthermé (Ardennes); elle dispose d'une force hydraulique de 320 chevaux. Elle occupe une surface totale de 25 hectares dont 5,000 mètres carrés occupés par des bâtiments. Son outillage se compose d'un four de refonte, d'une capacité de 40 tonnes, d'un train dégrossisseur et de deux finisseurs, enfin de cisailles diverses; il peut produire annuellement 4,000 tonnes de laminé. Il est conduit par une turbine de 200 chevaux.

L'usine possède en outre un outillage destiné à assurer une transformation plus avancée des produits. Cet outillage comprend des machines à plier et à rouler, des cisailles à disques, etc.; il est actionné par une turbine de 80 chevaux. Une autre turbine, de 40 chevaux, assure l'éclairage des usines.

Cinquante-deux maisons ouvrières, confortablement aménagées, permettent de loger tout le personnel.

La Société anonyme des laminoirs de zinc à Vácz (Hongrie) avait présenté quelques spécimens de zinc laminé, faisant ressortir une bonne fabrication. Elle a obtenu une mention honorable.

ALLIAGES À BASE DE ZINC.

La Société anonyme des alliages Cothias, à Ivry-Port (Seine), fabrique, au moyen d'alliages de composition variée, où le zinc joue, semble-t-il, un rôle prédominant, des moulages d'une exécution assez parfaite pour pouvoir être utilisés sans retouches dans la construction mécanique, tout en étant d'un prix bien inférieur à celui des moulages en bronze.

Depuis longtemps, on employait, pour la confection d'objets n'exigeant qu'une faible résistance mécanique, tels que les mesures pour liquides, les têtes de siphons, etc., des alliages très fusibles, composés essentiellement d'étain, de plomb et d'antimoine, parfois avec une petite quantité de cuivre.

On avait essayé d'obtenir des alliages plus résistants en forçant la proportion de cuivre ou bien en faisant intervenir le zinc, mais on rencontrait alors des difficultés spéciales dues à l'absorption de l'oxygène par le métal tenu en fusion prolongée et à l'inégalité de l'oxydation des divers éléments de l'alliage. Il se formait à la surface du bain une quantité considérable d'oxydes; la composition de l'alliage se modifiait progressivement et la dissolution, dans sa masse, d'une partie des oxydes produits diminuait sa fluidité. Le métal devenait pâteux et presque impossible à couler; aussi les alliages de ce genre n'avaient-ils guère été employés jusqu'ici que comme alliages antifriction, moulés en sable.

Pour limiter leur oxydation et empêcher la dissolution des oxydes qui auraient pu se former, il était rationnel d'introduire dans le bain de petites quantités de corps énergiquement réducteurs, soit l'aluminium, soit certains phosphures métalliques, soit enfin ces deux éléments simultanément.

En forçant la proportion de l'aluminium, sans addition de phosphure, on peut obtenir des alliages légers et résistants, mais relativement chers.

La Société des alliages Cothias revendique en outre l'addition éventuelle de petites quantités de manganèse, de titane ou de tungstène, en vue de modifier les propriétés des alliages qu'elle fabrique, mais il ne semble pas qu'elle ait recours bien souvent à de pareilles additions.

Elle emploie couramment, pour les pièces exigeant une résistance de 12 à 18 kilogrammes par millimètre carré, un alliage d'une densité un peu supérieure à 7 et contenant :

Cuivre	160
Étain	50
Zinc	750
Plomb	40
Total	1,000

Pour obtenir une résistance de 16 à 20 kilogrammes, avec une densité de 2.8 à 3, elle emploie un alliage de 22 d'aluminium, 1 de cuivre et 2 d'étain; pour des résistances de 18 à 22 kilogrammes, avec une densité moyenne, un alliage formé de 10 d'aluminium, 1 de cuivre, 9 de zinc et 5 d'étain.

Pour pouvoir livrer à bas prix des moulages susceptibles d'être employés sans retouches dans la petite construction mécanique, il faut non seulement régler convenablement la composition de l'alliage à employer, mais aussi réduire au minimum les frais de main-d'œuvre. C'est à quoi la Société des alliages Cothias est parvenue en substituant aux moules en sable des moules métalliques convenablement étudiés. L'établissement de pareils moules est d'autant plus difficile que le point de fusion de l'alliage à mouler est plus élevé et, par suite, le retrait plus considérable. Étant donné qu'une température de 700 à 1,000 degrés est nécessaire pour la fusion de certains des alliages Cothias, la solution du problème a été fort délicate et a exigé de longs tâtonnements qui ont souvent quintuplé, pour le premier outillage, le montant du prix de revient normal. Mais, en compensation, les avantages obtenus ont été considérables; avec des alliages qui coûtent, à l'état brut, la moitié seulement du prix du laiton, on a pu réduire le prix de revient de la plupart des pièces ainsi fabriquées au centième de sa valeur primitive.

Un pareil écart devait amener, après les tâtonnements du début, un développement rapide de la fabrication. Aussi le chiffre d'affaires de l'usine d'Ivry a-t-il atteint 945,401 francs en 1899, pour un personnel de 150 ouvriers en moyenne, transformant 75 tonnes de métaux par mois.

Une partie importante de l'usine est, il est vrai, occupée par la fabrication mécanique des plombs de douane, réalisée au moyen d'un appareil ingénieusement disposé. Nous n'avons pas à insister ici sur cette fabrication qui se rattache à la Classe 65.

La Société des alliages Cothias a obtenu une médaille d'argent dans la Classe 64.

La fabrication des petites pièces mécaniques par moulage dans des moules métalliques était représentée à l'Exposition, non seulement par la Société des alliages Cothias, mais aussi par la Franklin Manufacturing Company, à Syracuse (État de New-York). Cet important établissement s'était malheureusement borné à exposer quelques spécimens de sa fabrication, d'une exécution fort remarquable, sans fournir aucune indication sur les alliages et sur les procédés employés. Il a obtenu une médaille d'argent dans la Classe 64.

C. F. E.

MÉTALLURGIE DE L'ALUMINIUM.

La fabrication de l'aluminium a pris un développement énorme depuis une dizaine d'années; la production de ce métal est passée d'un chiffre d'environ 70 tonnes en 1889 à 6,048 tonnes en 1899. Ce total se répartit ainsi entre les divers pays producteurs :

États-Unis	2,948
France	1,000
Grande-Bretagne	500
Suisse	1,600
Total	6,048

En même temps le prix de vente du kilogramme s'abaissait de 40 francs à 2 fr. 50.

L'aluminium a été découvert en 1827 par Wöhler, qui l'avait obtenu par la réaction du potassium sur le chlorure d'aluminium. Produit de cette manière, il se présentait sous la forme d'une poudre grise, ou de petits globules métalliques, impurs, très altérables et impropres à tout usage.

Ce fut Sainte-Claire Deville qui obtint le premier, en 1854, de l'aluminium pur, en masses assez importantes pour qu'on pût se rendre compte de ses véritables propriétés. Il arriva à ce résultat en substituant au potassium le sodium et au chlorure d'aluminium le chlorure double d'aluminium et de sodium. Les matières premières de la nouvelle formule métallurgique étaient bien plus faciles à préparer et à manipuler que celles employées par Wöhler; leur réaction, moins violente, était en outre régularisée par l'emploi d'un fondant spécial, la cryolithe, qui n'a jamais cessé depuis de jouer un rôle essentiel dans la fabrication de l'aluminium.

En même temps, Deville achevait de constituer la métallurgie de l'aluminium et de la rendre réellement pratique en signalant la matière première qui devait lui servir de base, la bauxite; il indiquait en même temps une formule de fabrication de l'alumine pure qui est restée en usage jusqu'à ces derniers temps.

Pendant vingt-cinq ans environ, à partir de la publication des travaux de Deville, la production de l'aluminium resta très limitée. Le prix du kilogramme de ce métal, qui était de 300 francs en 1856, s'abaissa lentement à une centaine de francs, par suite des améliorations de détail introduites dans la pratique du procédé; il ne pouvait descendre sensiblement au-dessous de ce chiffre que par la mise en usage de nouvelles méthodes.

A partir de 1880, divers inventeurs proposèrent à cet effet, les uns, des procédés chimiques, comme Castner, Netto, etc., les autres, comme Grabau, des procédés mixtes, à la fois chimiques et électrolytiques. Leurs méthodes ne sont pas restées assez longtemps en usage pour qu'il ait été possible d'en apprécier exactement la valeur réelle; elles ont été remplacées, avant fonctionnement régulier, par des méthodes plus simples, fondées sur l'emploi direct de l'électricité.

En 1889, la victoire définitive de ces dernières méthodes sur les procédés chimiques n'était plus douteuse; on pouvait hésiter seulement entre diverses formules, employant toutes l'électricité comme source d'énergie, mais différant considérablement dans les détails.

A cette époque, on appliquait encore le procédé Cowles, caractérisé par la production de ferro-aluminium ou de cupro-aluminium, au moyen de la réduction de l'alumine par le charbon à la haute température développée par l'arc voltaïque. La fabrication des alliages d'aluminium a été abandonnée; la production du métal isolé, par électrolyse d'un bain de sels haloïdes, à base d'aluminium et de métaux alcalins, est seule pratiquée aujourd'hui.

Bunsen et Matthiessen avaient posé, il y a longtemps déjà, les principes généraux régissant l'application de la méthode. Pour obtenir régulièrement, par électrolyse d'un mélange de sels haloïdes en fusion, un métal aussi léger et aussi oxydable que le magnésium ou l'aluminium, il faut régler la composition de l'électrolyte de façon que celui-ci soit presque aussi fusible que le métal à obtenir et possède une densité un peu inférieure à celle de ce métal. Si cette dernière condition n'était pas remplie, les globules métalliques, à peine isolés, viendraient s'oxyder à la surface du bain.

Faute de satisfaire à cette dernière condition, plusieurs des formules d'électrolytes fusibles, proposées à partir de 1888 pour la production de l'aluminium, n'ont donné que de mauvais résultats. La cryolithe, par exemple, est à la fois trop dense et trop peu fusible pour pouvoir être employée seule.

D'autres mélanges, dont la fusibilité avait été augmentée par des additions de chlorures alcalins, présentaient l'inconvénient de manquer de stabilité, à cause de la volatilisation relativement rapide de ces derniers composés.

Il semble que ce soit cet inconvénient qui ait fait renoncer à l'application des divers procédés présentés par M. Minet, à l'Exposition de 1889. La protection des parois de la cuve par mise en dérivation, qui caractérisait ces procédés, n'a guère d'intérêt aujourd'hui, étant donné que ces parois sont protégées par des revêtements en carbone et suffisamment refroidies extérieurement pour que le bain électrolytique ne puisse se maintenir liquide à leur contact.

En fait, les diverses usines qui produisent actuellement de l'aluminium emploient, pour la composition de leurs bains électrolytiques, des formules qui diffèrent peu les unes des autres, bien qu'elles soient désignées tantôt sous le nom de procédé Hall, tantôt sous celui de procédé Héroult. Elles reposent sur l'emploi d'un mélange de cryolithe, de fluorure de calcium et de fluorure d'aluminium en proportions variables, réglées de manière à satisfaire le mieux possible aux conditions posées ci-dessus. Le bain étant maintenu à l'état liquide par le passage du courant, on y pratique des additions progressives d'alumine pure et calcinée. Un excès de ce dernier corps rendrait le bain pâteux et le travail incommode; une proportion insuffisante augmenterait considérablement le travail d'électrolyse par relèvement du voltage.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Pour obtenir du métal pur, on commence par fondre le mélange dans une cuve spéciale, où l'on sépare une petite quantité d'aluminium, concentrant toutes les impuretés du bain. On transvase ensuite le mélange fondu dans les cuves de la série normale. L'extraction de l'aluminium, réuni au fond de chacune de ces cuves, se fait de préférence par puisage, au moyen de cuillers en fer.

Le métal brut, déjà débarrassé presque complètement des fluorures au moment de la coulée, grâce à un tour de main spécial, est refondu dans des creusets en graphite placés dans des fours à vent, le plus souvent sans addition, quelquefois avec un peu de cryolithe. Quand on veut opérer sur de grandes quantités, on se sert de fours à réverbère dont la sole est construite en briques de magnésie. La coulée se fait soit dans des moules en sable, pour l'obtention de pièces de formes variées, soit dans des lingotières en fonte quand on veut produire simplement des lingots destinés à l'élaboration mécanique.

Dans la fabrication des moulages, il faut tenir compte de ce que la contraction de l'aluminium fondu est de 2 p. 100 en moyenne, c'est-à-dire presque triple de celle du bronze. Pour éviter des manques de matière, on est obligé de ménager de nombreux jets de coulée surmontés de masselottes suffisantes pour bien nourrir la pièce. Ces jets doivent être cylindriques, ou même évasés à leur partie inférieure, de manière à éviter leur obstruction.

Les lingots destinés au laminage sont coulés dans des lingotières verticales, à surfaces intérieures bien rabotées et enduites de graphite ou de craie. Ces précautions ont pour but d'éviter la production de défauts superficiels qui ne feraient que s'aggraver au cours du laminage.

La méthode décrite ci-dessus est celle appliquée aux États-Unis par la Pittsburg Reduction Company, qui a son siège social à Pittsburg (Pensylvanie) et ses usines près des chutes du Niagara, sur lesquelles elles prélèvent une puissance de 7,000 chevaux. Cette société, qui est actuellement le premier producteur d'aluminium dans le monde entier, s'était bornée à exposer quelques spécimens de sa fabrication. Le côté intéressant de son exposition était la pureté de certains des lingots qui y figuraient. On peut s'en rendre compte par le tableau suivant, indiquant la composition des types de métal exposés par la Pittsburg Reduction Co., d'après les indications fournies par cette société.

	MÉTAL EXTRA PUR.	N° 1.	N° 2.
Aluminium	99.77	99.67	95.00
Silicium	0 16	0.26	2.85
Fer	0.07	0.07	2.00
Cuivre	traces.	traces.	0.07
TOTAUX	100.00	100.00	99.92

Les deux sociétés qui fabriquent l'aluminium en Angleterre et en France avaient fourni, sur les procédés qu'elles appliquent, des renseignements intéressants à reproduire.

Les matières premières pour la fabrication de l'aluminium sont, par ordre d'importance, l'alumine pure et anhydre, le charbon d'électrodes, enfin, les fluorures divers destinés à l'alimentation des bains.

Ces derniers ne représentent qu'un poids relativement faible. L'un d'eux, le fluorure de calcium, est une matière très répandue dans la nature et de prix relativement modéré; il sert d'ailleurs, indirectement, à la production du fluorure d'aluminium que l'on prépare avec l'alumine pure et l'acide fluorhydrique. La cryolithe se maintient à un prix notablement plus élevé, à cause du monopole de fait que possède l'exploitation d'Ivigtut.

La fabrication des charbons d'électrodes est tantôt une annexe des usines produisant l'aluminium, tantôt une industrie indépendante. Elle a eu jusqu'ici pour base l'agglomération soit de graphite des cornues à gaz, soit de certains anthracites très purs, obtenue par une addition de brai suivie d'une compression à la presse hydraulique, et d'une cuisson à une température assez élevée pour faire distiller la partie volatile du brai.

Depuis peu de temps, un autre procédé de fabrication a été créé aux États-Unis, comme annexe à la production du carborundum. Il consiste à produire d'abord du graphite artificiel en faisant passer un courant électrique intense à travers une colonne horizontale de grenailles d'anthracite contenant une assez forte proportion, 20 p. 100 par exemple, de cendres, soit siliceuses, soit, de préférence, ferrugineuses. La présence d'une certaine proportion de fer accélère en effet la transformation du carbone en graphite.

Ce dernier produit, une fois obtenu, est aggloméré avec du brai, comme dans la fabrication ordinaire; mais les prismes préparés sont placés de nouveau dans le four électrique, sous une couche de menu coke et transformés en une masse compacte de graphite. La qualité des électrodes ainsi obtenues est supérieure à celle des électrodes préparées par l'ancien procédé et leur prix de revient est un peu inférieur.

Dans cette fabrication, on emploie comme matière première non seulement le graphite artificiel, mais aussi le siliciure de carbone amorphe et pulvérulent qu'on obtient toujours en proportion notable dans la fabrication du siliciure cristallisé (carborundum). Portée à une température très élevée, cette substance perd peu à peu, par volatilisation, le silicium qu'elle contient et se transforme en graphite.

L'alumine pure s'obtient généralement aujourd'hui par le procédé Bayer, qui ne diffère du procédé Deville que par le mode de précipitation de l'alumine préalablement amenée à l'état d'aluminate de sodium. Deville avait indiqué l'emploi de l'acide carbonique pour déplacer l'alumine de la solution alcaline, le carbonate de sodium obtenu devant être ramené à l'état de soude caustique avant de rentrer dans la fabrication. Bayer a démontré que l'intervention de l'acide carbonique n'était pas nécessaire et que l'aluminate de sodium, en solution suffisamment étendue, se décomposait spontanément au contact de l'alumine hydratée, jusqu'à ce qu'il ne restât en dissolution que 25 à 30 p. 100 de la proportion initiale d'alumine. Le liquide restant contient surtout de

l'hydrate de soude, avec une certaine quantité d'aluminate non décomposé; on le concentre pour le faire servir au traitement d'une nouvelle quantité de bauxite.

A l'usine de Lorne, près Belfast, appartenant à la British Aluminium Company Limited, le procédé est appliqué dans les conditions suivantes. La matière première utilisée est la bauxite de Glenravel (comté d'Antrim) contenant 56 p. 100 d'alumine, 3 p. 100 d'oxyde de fer, 12 p. 100 de silice, 3 p. 100 d'acide titanique et 26 p. 100 d'eau, avec addition d'une certaine proportion de bauxite rouge du Var. Le mélange est broyé, passé à un tamis à mailles de 0 m. 006 d'ouverture, puis calciné dans un four rotatif incliné, du type Oxland-Hocking. On évite de chauffer assez pour rendre l'alumine insoluble. L'attaque du minerai calciné s'effectue sous l'action d'une solution de soude caustique, de densité 1,45, dans des lessiveurs cylindriques à axe horizontal ayant 1 m. 50 de diamètre et 3 m. 30 de long, en tôle rivée de 0 m. 16 d'épaisseur. Ces cylindres sont à double enveloppe et à introduction de vapeur entre leurs deux parois; ils sont munis d'agitateurs, constitués par des bras calés sur un axe horizontal qui traverse un des fonds du cylindre par l'intermédiaire d'un presse-étoupes. On charge d'abord la solution, puis on met en mouvement les agitateurs et on introduit peu à peu la bauxite calcinée, à raison de 3 tonnes par lessiveur. On ferme l'orifice de chargement, puis on introduit la vapeur à une pression de 5 à 6 kilogrammes dans l'enveloppe. On maintient cette pression de deux à trois heures en entretenant le mouvement des agitateurs; au bout de ce délai, l'attaque est terminée. En ouvrant un robinet supérieur, on fait monter le liquide, par sa propre tension de vapeur, dans des réservoirs situés en haut du bâtiment. On y dilue la solution à la densité de 1.23, puis on la filtre à travers des filtres-presses. Le résidu, composé principalement de silico-aluminate de sodium et d'oxyde de fer, est rejeté. Le liquide est filtré de nouveau à travers une couche de pâte de bois, placée dans des cuves revêtues de plomb, de 3 mètres sur 1 m. 80 en plan, avec 0 m. 70 de profondeur; cette couche, placée à 0 m. 15 au-dessus du fond, est préparée en faisant bouillir 25 kilogrammes de pâte de bois avec de l'eau et en étalant, sur un tamis à mailles de 0 m. 003 d'ouverture, la bouillie assez claire ainsi obtenue.

Après cette dernière filtration, la solution est dirigée dans des cuves en tôle rivée, cylindriques, ayant environ 4 mètres de diamètre et 6 mètres de haut, et munies d'agitateurs à axe vertical. On laisse au fond une certaine quantité d'alumine hydratée provenant d'une opération précédente. Agitée au contact de l'alumine, la solution précipite la plus grande partie de celle qu'elle contient, 70 p. 100 en moyenne au bout de 36 heures. On arrête alors le mouvement des agitateurs et on décante la liqueur à peu près claire, puis on l'envoie à une batterie de filtres-presses. On enlève ensuite la fraction du précipité en excédent sur la quantité initiale et on la fait passer dans les mêmes filtres-presses; on l'y lave méthodiquement pour en extraire la soude le plus complètement possible et on y fait passer de l'air à une pression de 5 à 6 kilogrammes pour expulser l'eau. On sèche et on calcine vers 1,100 degrés, de manière à amener l'alumine à l'état condensé, non hygrométrique. La calcination s'effectue dans des réverbères dont la sole a 6 mètres de long et 1 m. 80 de large; le séchage a été fait

préalablement sur la voûte des fours. La solution sodique, appauvrie en alumine, a une densité de 1.2 environ; on la concentre à la densité de 1.45 dans des appareils à quadruple effet et on la renvoie ensuite au traitement de la bauxite calcinée.

Le même procédé est appliqué par la Société électro-métallurgique française à son usine de Gardanne, dans des conditions économiques un peu différentes. Le combustible est plus cher qu'à Larne, mais la bauxite rouge du Var, qu'on emploie exclusivement, donne un meilleur rendement que le mélange employé à Larne et consomme moins de soude caustique.

Les deux sociétés que nous venons de citer ont d'ailleurs adopté des formules de travail sensiblement identiques. Toutes deux ont recours à des sources hydrauliques d'énergie pour développer l'électricité servant à la production de l'aluminium.

La British Aluminium Co. Ltd. s'est installée à Foyers, près du Loch Ness (Écosse). Pour tirer le meilleur parti de la chute de 115 mètres que forme en ce point la rivière du même nom, elle a acheté 3,100 hectares de terrain et s'en est servie pour créer un vaste réservoir pouvant contenir 6 millions de mètres cubes d'eau. Ce réservoir a permis de maintenir les sept turbines en fonctionnement continu pendant la période sèche de l'année 1899. Chacune des turbines développe 700 chevaux et commande une dynamo à courant continu de même puissance. Les emplacements de deux autres turbines du même type sont déjà préparés.

La Société électro-métallurgique française a cessé de fabriquer de l'aluminium dans son ancienne usine de Froges; elle a, au contraire, développé cette fabrication à La Praz (Savoie), où elle dispose de 12,000 chevaux. Elle en emploie déjà 8,000 pour la production de l'aluminium et compte arriver bientôt à utiliser le reste pour le même usage.

Les deux sociétés fabriquent elles-mêmes leurs électrodes, l'une à Greenock, l'autre à Champ (Isère). Mais la Société française limite son activité à la production de l'aluminium en lingots, tandis que la Société anglaise pousse très loin l'élaboration du métal et livre au commerce des produits très divers, tels que moulages, fils, feuilles, tubes, etc. Elle fabrique même une assez grande quantité de moulages en bronze d'aluminium.

Ses ateliers de refonte et d'élaboration sont installés à Milton, près Stoke-on-Trent (Staffordshire), dans les bâtiments qui avaient servi aux essais du procédé Cowles. Ils sont situés avantageusement au point de vue du prix de revient de la houille, ainsi qu'à celui des transports, l'usine étant sur le Trent and Mersey Canal et raccordée à la station de Milton, du North Stafforshire Railway.

L'aluminium, arrivant de l'usine de Foyers, est refondu dans des creusets en graphite, contenant 225 kilogrammes de métal et placés dans 11 fours à vent. La refonte se fait ordinairement sans addition aucune, parfois avec un peu de cryolithe pour faciliter la séparation de certaines impuretés. L'emploi de la cryolithe a l'inconvénient d'accentuer l'absorption de silicium qui autrement est très faible. On peut employer comme combustible du coke assez léger, puisqu'il y a tout intérêt à éviter une élévation de température exagérée. On obtient une certaine quantité d'écumes qu'on refond pour en extraire

l'aluminium; le résidu, formé surtout de cryolithe, est renvoyé à Foyers. L'installation de Milton permet de couler journellement 4 tonnes de lingots, soit pour le commerce, soit pour le laminage à l'usine.

On a vu que la coulée de ces derniers lingots doit se faire dans des lingotières fermées, à surfaces parfaitement rabotées et enduites de graphite, soit de la craie. Au moment de la coulée, le métal doit être à une température aussi peu supérieure que possible à son point de fusion; les lingotières ont été préalablement chauffées. On démoule les lingots aussitôt après solidification et on les jette dans l'eau froide pour leur faire subir une espèce de trempe qui paraît les rendre plus malléables. On peut les forger aussi bien à froid qu'à chaud, mais la température la plus convenable est caractérisée par le commencement de la carbonisation d'un morceau de bois dur appuyé sur le métal.

Le laminage se fait ordinairement à froid, sans emploi d'un lubrifiant quelconque; il nécessite de fréquents recuits à une température d'un rouge assez sombre pour être à peine visible dans l'obscurité. L'usine de Milton possède six trains dont les diamètres de cylindres varient de 0 m. 35 à 0 m. 55 avec des largeurs de table comprises entre 0 m. 50 et 1 m. 20. Le diamètre le plus courant est celui de 0 m. 45. Avec les cylindres de 0 m. 35 de diamètre, on a pu laminer des feuilles d'une épaisseur un peu supérieure à un millième de millimètre et d'une longueur de 18 à 27 mètres.

L'usine possède deux fours à recuire; la chambre de recuit, chauffée en moufle, a, pour l'un, 1 m. 50 sur 3 mètres en plan, pour l'autre, 2 m. 25 sur 4 mètres. On y passe d'abord les platines, épaisses de 0 m. 03 environ, pour les découper plus facilement, puis les feuilles, après chaque passe de laminage, jusqu'à l'épaisseur de 0 m. 006. Au-dessous de cette épaisseur, les recuits ne s'opèrent plus qu'à des intervalles plus éloignés.

Le décapage est une opération indispensable lorsqu'on veut obtenir des feuilles, soit polies, soit mates, présentant un aspect satisfaisant. Il s'effectue au moyen de solutions tantôt acides, tantôt alcalines, et se termine par des lavages à l'eau pure. L'usine de Milton emploie, pour ce service, des cuves de 3 m. 60 de long sur 0 m. 90 de large.

Elle livre l'aluminium au commerce non seulement sous la forme de lingots ou de produits laminés, mais aussi sous celle de moulages dont le poids peut atteindre 2 tonnes. Son atelier de fonderie possède une batterie de fours à creusets du même type que ceux de l'atelier de production des lingots; il est desservi par des ponts roulants de 15 tonnes. Cet atelier fait des moulages de bronze d'aluminium pouvant atteindre un poids de 5 tonnes. A l'Exposition, il avait envoyé, comme spécimen de ce genre de fabrication, une hélice à trois ailes de 2 m. 59 de diamètre : les essais faits sur cette pièce avaient donné une résistance à la rupture de 54 kilogrammes par millimètre carré avec un allongement de 14 p. 100.

L'exposition de la British Aluminium Co. était d'ailleurs aussi importante que variée; elle comprenait à la fois des lingots, des produits d'élaboration plus avancée, tels que feuilles, fils, câbles, soit nus, soit enveloppés de caoutchouc, etc., enfin des objets fabriqués de grandes dimensions et parfois de formes très compliquées. Parmi ceux-ci

on peut citer des chaudières et des cuves d'un volume considérable, un grand alambic avec son serpentin, un ventilateur hélicoïde, enfin une voiture légère presque entièrement construite en aluminium. On y voyait également des vases et des plaques portant une décoration au repoussé, de style hindou, exécutés à l'École des arts de Madras.

L'exposition de la Société électro-métallurgique française, un peu moins importante et moins variée, présentait cependant un réel intérêt. Elle comprenait, comme la précédente, des lingots, plaques, feuilles, fils, câbles non recouverts, cuves d'assez grandes dimensions, ustensiles de cuisine, etc. Les pièces les plus importantes étaient une caisse de voiture et un bâti de moteur pour automobile.

On ne trouvait dans ces deux expositions aucune indication sur la composition exacte du métal ayant servi à fabriquer les objets exposés. Des données de ce genre auraient été cependant fort intéressantes, parce qu'elles auraient permis d'apprécier non seulement les résultats du travail métallurgique en lui-même, mais aussi la convenance qu'il peut y avoir à introduire dans l'aluminium certaines substances en vue de modifier ses propriétés.

Un des principaux débouchés de la production de l'aluminium est fourni par la sidérurgie, qui emploie ce métal pour empêcher la production de soufflures dans la coulée de la fonte ou de l'acier. Bien qu'une addition très minime d'aluminium suffise pour procurer le résultat cherché, on estime que la quantité de ce métal employée annuellement par la sidérurgie est d'environ 2,500 tonnes, soit presque la moitié de la production totale.

Un autre débouché qui pourrait prendre une importance considérable est celui que fournirait l'industrie électrique si elle se décidait à substituer l'aluminium au cuivre pour la fabrication des conducteurs qu'elle emploie. Étant donnés les cours des deux métaux en 1900, la substitution était avantageuse pour les conducteurs non enveloppés. La conductibilité de l'aluminium pur est 0.62 à 0.63 de celle d'un conducteur en cuivre de même section; d'autre part, la densité du deuxième métal est environ 3.3 fois celle du premier. Pour obtenir un conducteur d'égale résistance, on peut donc employer un poids d'aluminium un peu inférieur à la moitié du poids de cuivre qui serait nécessaire. Le prix du kilogramme d'aluminium n'étant pas, à ce moment, double de celui du kilogramme de cuivre, le premier métal avait sur le second un avantage notable, du moins pour l'établissement des conducteurs nus. On doit, en effet, faire toutes réserves en ce qui concerne les conducteurs isolés, car l'emploi de l'aluminium donne à ceux-ci une surface extérieure égale à 1.26 fois celle qu'ils auraient avec le cuivre et le poids d'isolants à employer augmente dans la même proportion.

En France, c'est surtout M. Charpentier-Page, propriétaire des usines de Valdoie (près Belfort) et de Pont-de-Chérui (Isère), qui s'est occupé de propager les applications électriques de l'aluminium soit pur, soit allié à divers métaux. Son exposition se trouvait placée dans la Classe 24. Il est intéressant néanmoins de rappeler ici les résultats obtenus par cet industriel au moyen d'alliages à 3 p. 100 et à 6 p. 100 de cuivre, en les comparant à ceux donnés par l'aluminium pur.

Ces résultats ont été obtenus sur des fils de 2 millimètres de diamètre et de 0 m. 105 à 0 m. 110 de long.

DÉSIGNATION.	ALUMINIUM PUR		ALLIAGE À 3 P. 100 Cu		ALLIAGE À 6 P. 100 Cu	
	RECUIT.	ÉCROUI.	RECUIT.	ÉCROUI.	RECUIT.	ÉCROUI.
Résistance de rupture (kilogr.)	10 92	23 03	20 56	35 10	24 0	43 66
Allongement p. 100 avant rupture	31 9	3 87	21 7	4 03	17 0	2 6
Conductibilité rapportée à celle du cuivre	62 0	61 4	49 99	49 77	46 5	43 44

Il résulte de ces chiffres que l'augmentation de résistance mécanique, obtenue par addition de cuivre, entraîne une diminution très notable de la conductibilité. D'autre part, la présence du cuivre rend l'aluminium beaucoup plus altérable; on peut donc se demander s'il ne serait pas préférable d'employer l'aluminium pur pour la confection des lignes exposées à l'action des agents atmosphériques, surtout dans les régions littorales où la présence de quantités très faibles de chlorures en suspension dans l'atmosphère rend l'altération beaucoup plus rapide.

Pour assurer l'avantage à l'aluminium, il faudrait obtenir régulièrement, avec ce métal écroui, une résistance mécanique supérieure à la moitié de celle qu'on obtient couramment avec les fils de cuivre. Les chiffres ci-dessus semblent indiquer la possibilité d'obtenir un pareil résultat, puisque la résistance des fils de cuivre pur écrouis, pour conducteurs télégraphiques, est de 40 kilogrammes en moyenne par millimètre carré.

La difficulté que l'on éprouve à souder l'aluminium sur lui-même est un obstacle à l'extension de l'emploi de ce métal pour la fabrication des conducteurs électriques.

Actuellement, les raccords s'effectuent au moyen de manchons spéciaux qui peuvent donner de bons résultats, mais dont l'emploi exige du soin et qui, en tout cas, entraînent une dépense supplémentaire assez importante.

Peut-être pourra-t-on l'éviter si le procédé de soudure breveté par M. C. Heraeus, de Hanau, donne les résultats satisfaisants annoncés par son inventeur. D'après celui-ci, les difficultés constatées jusqu'ici dans la soudure de l'aluminium sur lui-même proviendraient surtout d'exagérations de chauffage. La véritable température de soudure serait inférieure de beaucoup au point de fusion du métal et assez basse pour ne provoquer aucune oxydation des surfaces bien décapées. En chauffant davantage, on provoquerait, au contraire, une oxydation superficielle et on rendrait le métal cassant sous l'action du marteau. La véritable formule consisterait donc à superposer les deux morceaux à souder sur une largeur variant, suivant leur épaisseur, entre 5 et 10 millimètres, après avoir pris soin de décaper les surfaces en contact, mais sans interposer aucun fondant, puis à chauffer un peu au-dessous du rouge au chalumeau à gaz : un martelage ou une compression mécanique suffit pour provoquer une adhérence complète, donnant un joint

invisible. On pourrait souder de la même manière l'aluminium sur l'argent, moins facilement, il est vrai, que sur lui-même. Les échantillons de tubes ou d'autres pièces soudées qui figuraient à l'Exposition mettaient en évidence les résultats satisfaisants obtenus par le procédé Heraeus; il reste seulement à savoir si l'intervalle de température dans lequel l'aluminium peut se souder ainsi sur lui-même est assez étendu pour permettre l'application facile de ce procédé qui a fait attribuer, par le Jury de la Classe 64, une médaille de bronze à son inventeur.

En somme, l'emploi de l'aluminium pour la confection des conducteurs électriques est resté assez limité jusqu'ici. En Europe, on n'en a fait qu'une seule application, à Northallerton (Angleterre); aux États-Unis, il y en a eu plusieurs, notamment aux chutes de Snoqualmie (Washington), à celles de la rivière Mokelumne (Californie), au North Western elevated railroad (Chicago), etc.; néanmoins, il reste douteux que le métal ait chance de trouver dans cette direction un débouché de quelque importance.

Certaines applications, sur lesquelles on comptait beaucoup, à l'origine, pour développer la consommation de l'aluminium, n'ont pas donné jusqu'ici de résultats bien satisfaisants. On a dû, par exemple, renoncer à la construction de bateaux légers en aluminium, parce que ce métal se corrode rapidement sous l'action de l'eau de mer, surtout quand il est allié de cuivre.

Les tentatives faites pour propager l'usage de l'aluminium dans la confection des ustensiles de cuisine ont eu également un succès médiocre, peut-être à cause de l'impureté du métal employé. Au contraire, le développement de l'automobilisme semble avoir ouvert un débouché assez important à l'aluminium, sous forme de pièces moulées n'ayant à supporter que des efforts mécaniques relativement limités. Ce n'est pas, en général, l'aluminium pur que l'on emploie pour cet usage; on cherche ordinairement à augmenter sa résistance en l'additionnant d'éléments étrangers, employés en faible proportion.

ALLIAGES À BASE D'ALUMINIUM.

Un certain nombre d'exposants avaient présenté des objets fort divers fabriqués, soit par moulage, soit par élaboration mécanique, au moyen d'alliages dont l'aluminium formait l'élément principal. La composition de ces alliages n'était généralement pas indiquée ou elle ne l'était qu'avec une précision douteuse.

Les alliages désignés sous le nom commun d'albradium et exposés par l'Albradium Syndicate Limited, 23, Queen Victoria Street, London E. C., contiennent, dit-on, de petites quantités de cuivre, argent, zinc, étain, antimoine et phosphore; leur apparence diffère très peu de celle du métal pur et leur densité est sensiblement égale à la sienne. On s'en sert pour fabriquer des objets divers, des articles d'ornement principalement, qui ont fait attribuer une médaille de bronze à l'Albradium Syndicate.

M. Corbin, rue de Charonne, n° 163 *bis*, à Paris, avait exposé des moulages obtenus au moyen d'alliages où l'aluminium était l'élément prédominant, ainsi que quelques pièces en bronze d'aluminium ne présentant aucun intérêt spécial. Il ne donnait aucune indication sur la composition de ses alliages riches en aluminium, désignés par lui par les lettres A, B, C, D et D⁴. Les deux premières catégories ne conviendraient, d'après lui, qu'à la fabrication d'objets de luxe, les trois autres devant servir, au contraire, à celle de pièces mécaniques entrant dans la construction des automobiles. Leurs coefficients mécaniques seraient les suivants :

	RÉSISTANCE par MILLIM. CARRÉ. — kilogr.	ALLONGEMENT. — p. 100.	DENSITÉ. —
C.	17 à 20	2	2.90
D.	17 à 19	3 à 5	2.95
D⁴	17	1/4 à 1/3	2.97

L'alliage D⁴ semble devoir être cassant; cependant M. Corbin avait cru pouvoir l'employer pour le moulage d'un affût de canon de 80 millimètres, pesant 79 kilogr. 5, affût qui n'avait d'ailleurs pas été essayé. M. Corbin recommande le même alliage pour la confection des poulies à cause de l'adhérence considérable des courroies sur sa surface.

La production mensuelle de l'usine de cet exposant serait de 7,000 kilogrammes.

M. Corbin a obtenu une médaille d'argent.

M. Partin (Henri), à Puteaux (Seine), présentait une exposition analogue à celle de M. Corbin, c'est-à-dire composée de pièces diverses, soit moulées, soit laminées, obtenues au moyen d'alliages dont l'aluminium forme l'élément principal. C'étaient, par exemple, des profilés divers, des bâtis d'automobiles, des boîtes à graisse, des poulies, des chaînes, etc. Ces objets auraient été fabriqués au moyen d'un alliage contenant, d'après l'exposant, 99.4 p. 100 d'aluminium avec quelques millièmes de tungstène et

de magnésium; la densité de cet alliage serait de 2.9; sa limite élastique, de 35 kilogrammes par millimètre carré; sa résistance à la rupture, de 38 kilogrammes; son allongement avant rupture, de 12 millimètres sur une éprouvette de 100 millimètres. Ces résultats remarquables demanderaient à être contrôlés.

Il semble que M. Partin emploie d'autres alliages que celui qui vient d'être mentionné, car l'analyse d'un objet provenant de ses ateliers a fait constater une teneur de 5 à 6 p. 100 de cuivre avec des traces seulement de magnésium.

L'usine de Puteaux occupe 150 ouvriers. Une médaille d'argent a été décernée à M. Partin par le Jury de la Classe 64.

La Société «le Ferro-Nickel» faisait figurer dans son exposition, déjà étudiée à d'autres points de vue, des échantillons d'un alliage d'aluminium, à grande résistance, pouvant se tourner, se polir, se laminer, etc., et donnant, d'après elle, à l'état laminé et recuit, les coefficients mécaniques suivants :

	LIMITE D'ÉLASTICITÉ.	RÉSISTANCE DE RUPTURE.	ALLONGEMENT.
	kilogr.	kilogr.	p. 100.
Alliage nouveau	15	31	21
Aluminium	6 à 6.5	9 à 10	25

Il est regrettable qu'elle n'ait pas indiqué la composition de cet alliage.

EMPLOI DE L'ALUMINIUM COMME RÉDUCTEUR.

La puissante affinité de l'aluminium pour l'oxygène permet de l'utiliser comme réducteur énergique et comme agent de production de températures élevées. On a vu que son intervention comme réducteur, dans la sidérurgie lui assure un de ses principaux débouchés. A une date plus récente, on a eu l'idée d'utiliser son affinité pour l'oxygène en vue d'obtenir la réduction d'oxydes très stables. MM. Green et Wahl, de Philadelphie, avaient ouvert la voie en proposant d'avoir recours à son emploi pour obtenir du manganèse exempt de carbone; ils ne s'étaient pas rendu compte, d'ailleurs, que la quantité de chaleur dégagée dans la réaction était assez considérable pour que celle-ci, une fois commencée en un point du mélange, pût se continuer d'elle-même.

C'est au docteur Goldschmidt que revient l'honneur d'avoir déterminé les conditions moyennant lesquelles un pareil résultat pouvait être obtenu : elles consistent dans l'emploi d'aluminium très divisé, intimement mélangé avec l'oxyde à réduire, et dans l'intervention d'un autre mélange destiné à jouer, dans l'opération, un rôle équivalent à celui de l'amorce dans la détonation d'un corps explosif. Ce mélange spécial se compose ordinairement d'une partie d'aluminium divisé et de cinq parties de bioxyde de baryum; quelques grammes, enflammés par un corps incandescent, suffisent pour provoquer le commencement de la réaction, qui se continue ensuite d'elle-même.

Dans la plupart des cas, il est prudent, pour éviter de laisser prendre à la réaction un caractère explosif, de ne placer d'abord dans le creuset qu'une faible quantité de matière et d'ajouter le reste par petites parties. La température obtenue est extrêmement élevée; elle dépasse généralement 2,000 degrés et paraît se rapprocher de 3,000 degrés dans certains cas, d'après des évaluations, fort incertaines d'ailleurs, obtenues par extrapolation au moyen du thermophone de Wyborg.

La méthode a d'abord été appliquée à la préparation de métaux très difficiles à réduire tels que le chrome et le manganèse ou d'alliages spéciaux tels que le ferrotitane à 20-25 p. 100 de titane, le ferrobore à 20-25 p. 100 de bore, le cupro-manganèse tenant jusqu'à 50 p. 100 de manganèse, etc. Des échantillons de ces divers produits figuraient à l'Exposition.

On savait, depuis longtemps déjà, produire des ferrochromes ou des ferromanganèses à haute teneur, en réduisant du minerai de chrome ou de manganèse par le carbone à haute température; mais les alliages obtenus par ce procédé étaient très carburés, tandis que la réduction par l'aluminium fournit du chrome ou du manganèse exempts de carbone et pouvant servir à la production d'alliages présentant des propriétés nouvelles.

La réduction par l'aluminium donne, comme produit secondaire, de l'alumine fondue qui cristallise à l'état de corindon et qui peut être employée, après broyage, comme émeri artificiel.

M. le docteur Goldschmidt a tiré parti de la réaction décrite ci-dessus non seulement pour isoler des métaux très peu réductibles, mais aussi pour en obtenir d'autres, plus faciles à réduire, comme le fer, à une température bien supérieure à leur point de fusion. On peut ainsi opérer des soudures ou des réparations qui seraient fort difficiles à effectuer autrement. Lorsqu'on veut, par exemple, remplir des cavités visibles sur la paroi d'un moulage d'acier ou refaire une dent brisée d'un engrenage d'acier, on commence par préparer un moule en pâte très réfractaire, s'appliquant bien sur la surface de l'objet à réparer, on l'entoure d'une armature convenable, en tôle et en fil de fer, on le cuit à une température assez élevée et on chauffe la surface sur laquelle la soudure doit s'effectuer. D'autre part, on fait réagir, dans un creuset muni d'un revêtement magnésien, de l'aluminium sur de l'oxyde de fer pur et on fait écouler l'alumine liquide formant la scorie de l'opération : on verse ensuite le fer fondu dans le moule préparé à l'avance. Dans ces conditions, on arrive à obtenir une continuité absolue entre la masse initiale et le fer solidifié.

Si l'on ne prenait pas la précaution de couler à part l'alumine fondue qui recouvre le métal, une croûte de cette substance se solidifierait immédiatement sur la paroi métallique et empêcherait tout contact intime entre celle-ci et le fer fondu. Dans certains cas, c'est précisément là le résultat qu'on cherche à obtenir, notamment lorsqu'on veut obtenir un recuit local de la surface trempée d'une plaque de blindage, ou bien lorsqu'on veut provoquer la soudure bout à bout de deux pièces de fer préalablement bien dressées suivant leurs surfaces de contact, deux rails ou deux tubes de fer, par exemple. La méthode mérite bien alors le nom d'aluminothermie, qui lui a été donné par son inventeur, car c'est la haute température développée par la réaction qui intervient exclusivement. Pour provoquer la soudure, par exemple, on entoure le joint à souder d'une sorte de caisse en tôle entourée de pâte réfractaire et maintenue en place par une armature métallique spécialement combinée pour chaque cas particulier; puis on verse dans la caisse le contenu d'un creuset où l'on a provoqué la réaction aluminothermique. La soudure s'effectue bout à bout, sous l'influence de la haute température de la masse fondue, sans qu'il y ait adhérence du fer liquide. Après refroidissement on démonte l'armature extérieure et on détache très facilement la masse solidifiée.

Les procédés du docteur Goldschmidt sont la propriété de la Chemische Thermo-Industrie Gesellschaft, à Essen a. d. Ruhr (Allemagne). Cette société les applique notamment à la fabrication de chrome, du niobium, du ferro-titane à 20-25 p. 100, etc. Le Jury de la Classe 64 lui a décerné une médaille d'or.

C'est probablement par un procédé analogue qu'avaient été obtenus les échantillons de chrome, de tungstène, de molybdène, etc., exposés par la maison Alwin Nieske, de Dresde, et ceux présentés par la maison Stein et Boericke, de Philadelphie. Ces derniers comprenaient du tungstène à 95-98 p. 100, du molybdène à 97 p. 100, du manganèse pur, du ferro-tungstène tenant 37 p. 100 de tungstène, 62 p. 100 de fer et 1 p. 100 de cuivre; du ferro-molybdène, etc.

On voyait dans la même exposition du chrome pur, qui aurait été, paraît-il, obtenu

directement par un procédé électrique. Il est probable qu'un ferrochrome, tenant 71 p. 100 de chrome, 21.5 p. 100 de fer, 7 p. 100 de carbone et 0.5 p. 100 de silicium, a été produit par le même procédé, car la réduction par l'aluminium n'aurait pas donné un alliage aussi carburé.

Il est intéressant de noter que la maison Stein et Boericke emploie, comme minerai de tungstène, la Hubnérite de l'Arizona, tenant 70 p. 100 d'acide tungstique, 19 p. 100 de protoxyde de manganèse et 3 p. 100 seulement de fer.

MM. Stein et Boericke ont obtenu une médaille d'argent.

MÉTALLURGIE DE L'ÉTAIN.

La production de l'étain est relativement peu importante, car elle n'a jamais dépassé de beaucoup 80,000 tonnes par an. En 1899, elle a été de 78,835 tonnes; elle a été fournie principalement par les pays suivants :

	tonnes.		tonnes.
Péninsule malaise	46,679	Grande-Bretagne	4,077
Banka, Billiton et Sing-Kep	18,600	Australie	3,110
Bolivie	4,829	Allemagne	1,481

La production de ce dernier pays a été obtenue presque exclusivement par le traitement de minerais importés de Bolivie.

En France, une petite quantité d'étain est obtenue dans des conditions analogues soit par M. Félix Hubin, à Harfleur, soit par MM. Lowenstein et Mayer, à Paris. M. Hubin traite au réverbère des minerais provenant le plus souvent de Bolivie, parfois de Portugal; il obtient ainsi un étain brut tenant de 0.5 à 0.75 p. 100 d'impuretés. Ce produit est raffiné au réverbère et donne ainsi un étain raffiné dont la qualité est équivalente à celle des bonnes marques anglaises. M. Hubin étire en feuilles, par laminage et battage, une certaine quantité d'étain de sa fabrication ou de provenance étrangère.

La Compagnie française des Métaux produit également des feuilles d'étain dans son usine de Castelsarrasin, à raison de 50 tonnes par mois.

MÉTALLURGIE DE L'ANTIMOINE.

La métallurgie de l'antimoine était assez bien représentée à l'Exposition, bien que la production annuelle de ce métal soit restreinte. Le chiffre exact de cette production est difficile à déterminer parce que certaines statistiques confondent les données concernant l'antimoine avec celles intéressant d'autres métaux ou la production du régule avec celle du sulfure fondu, ou enfin indiquent seulement la production d'antimoine métallique sans tenir compte de celle des produits antimoniaux. De ces diverses causes d'incertitude, il résulte que les évaluations de la production annuelle de l'antimoine (produits antimoniaux compris) oscillent entre 5,000 et 10,000 tonnes.

Les centres principaux d'exploitation sont la France, l'Autriche, la Hongrie, les États-Unis, l'Italie et le Japon. Ce dernier pays a occupé, à un moment donné, une position tout à fait prépondérante dans le commerce de l'antimoine, s'il a réellement produit plus de 3,000 tonnes par an, ainsi qu'il résulterait de certaines statistiques; actuellement il ne dépasse guère la moitié de ce chiffre.

La production de la Grande-Bretagne, importante en ce qui concerne le régule, est alimentée exclusivement de minerais importés. Aucune des usines de ce pays n'était représentée à l'Exposition.

La métallurgie de l'antimoine se subdivise en trois branches d'importance inégale, qui ont respectivement pour but la production du sulfure liquaté, de l'oxyde d'antimoine, et enfin du régule. La première et la deuxième semblent, à première vue, se rattacher plutôt à l'industrie des produits chimiques qu'à la métallurgie, mais elles ne sont souvent autre chose que des opérations préliminaires précédant la production du régule.

La fabrication, par voie humide, des sulfures ou oxysulfures d'antimoine, de l'émétique, etc., se rattache, au contraire, bien nettement à la fabrication des produits chimiques, c'est-à-dire à la Classe 87 de l'Exposition. L'enchevêtrement de ces diverses opérations avec celles présentant un caractère franchement métallurgique a eu pour conséquence de faire figurer dans cette dernière classe certaines expositions qui auraient pu être rattachées à la Classe 64, notamment celle de l'usine de Brioude, appartenant à MM. Bonnet, Ramel, Savigny, Giraud et Marnas.

D'autre part, certaines compagnies minières utilisent, pour le traitement des minerais d'antimoine qu'elles produisent, des installations métallurgiques dont le fonctionnement est plus ou moins intermittent. C'est notamment le cas de la Société corse des mines d'antimoine de Meria (Corse) qui a installé à Bastia 24 fours à creusets destinés au traitement des minerais riches par la méthode de précipitation par le fer. Ces fours n'ont presque jamais fonctionné, la Société de Meria trouvant plus avantageux de vendre les minerais qu'elle produisait. En fait, l'exposition de cette Société ne contenait pas de produits métallurgiques; aussi a-t-elle été rattachée à la Classe 63.

Des trois branches de la métallurgie de l'antimoine qui ont été mentionnées plus haut, la plus simple, en théorie du moins, est la concentration du sulfure par liquation. Pendant longtemps, ce mode de traitement des minerais a été très répandu. La méthode d'extraction de l'antimoine par précipitation, la seule autrefois en usage, ne peut être appliquée avantageusement qu'à des minerais de teneur élevée; les fondeurs anglais, qui continuent à l'appliquer à l'exclusion de toutes les autres, n'acceptent couramment que des minerais sulfurés tenant de 50 à 52 p. 100 de métal et font subir aux minerais de teneur moindre une dépréciation considérable. Ces exigences ont amené les exploitants de mines à séparer d'abord par triage la plus grande quantité possible de minerai au-dessus de 50 p. 100, puis à faire subir au reste un traitement de concentration. Ce dernier traitement ne peut être une préparation mécanique par voie humide; l'extrême friabilité et la structure très lamelleuse de la stibine ont fait échouer toutes les tentatives entreprises dans ce sens. On a donc été amené, il y a longtemps déjà, à tirer parti de la grande fusibilité du sulfure d'antimoine pour le concentrer par liquation : mais ce mode de concentration n'est réellement applicable qu'à des minerais tenant plus de 20 p. 100, la teneur des résidus ne s'abaissant guère au-dessous de 15 p. 100 dans les circonstances les plus favorables.

D'autre part, il se produit toujours, au cours de la liquation, une certaine volatilisation due à la forte tension de vapeur du sulfure d'antimoine. Enfin le chauffage en vase clos, nécessaire pour atténuer la volatilisation et pour éviter l'oxydation partielle du produit liquaté, entraîne des dépenses relativement élevées. Aussi le traitement par liquation, applicable aux minerais sulfurés de teneur moyenne, tend-il à être remplacé de plus en plus par d'autres formules, notamment par la volatilisation de l'antimoine à l'état d'oxyde.

C'est surtout au Japon que la liquation est restée en usage; ce pays exporte des quantités importantes de sulfure liquaté en même temps que de minerais riches, concentrés par triage.

Un des exposants de ce pays, Sunohara (Kumajirô), de Yéhimé Ken, accusait une exportation annuelle de 340 tonnes de sulfure liquaté et de 136 tonnes seulement de régule. Les autres exposants japonais, qui étaient les Sociétés de Itchinokawa et de Stchiokawa, n'avaient pas donné de chiffres précis; il est certain que ces sociétés produisent encore des quantités importantes de sulfure fondu, bien qu'elles semblent tendre, comme les usines européennes, à substituer la fabrication de l'oxyde par volatilisation à l'ancienne formule de liquation. Elles n'avaient fourni, d'ailleurs, aucun renseignement précis sur le procédé qu'elles emploient pour obtenir le sulfure fondu : il semble que ce procédé soit exactement l'inverse de celui qu'on pratique en Europe, c'est-à-dire que la séparation des gangues se fasse par écumage, le sulfure fondu restant au fond des creusets.

Pendant longtemps la méthode de fabrication du régule, fondée sur la précipitation par le fer, a été pratiquée exclusivement par fusion au creuset; c'est ainsi que procèdent encore aujourd'hui les usines anglaises.

Ces usines ne figuraient pas à l'Exposition; mais on y rencontrait deux représentants

IMPRIMERIE NATIONALE.

de la même formule métallurgique, M. Emmanuel Beau, à Alais (Gard), et M. Miller, à Szalonak (Hongrie). L'un et l'autre opèrent au creuset et emploient comme agent de précipitation la ferraille en excès (souvent des rognures de fer-blanc). Le produit obtenu contient une certaine proportion de fer que l'on élimine par une refonte au creuset avec addition de sulfure d'antimoine ou plutôt d'un mélange d'oxyde et de sulfure d'antimoine. Ce raffinage élimine le fer d'une manière sensiblement complète, mais laisse souvent un peu de soufre dans le métal. On peut achever l'élimination de ce métalloïde par une dernière fusion avec du carbonate de soude et un peu d'oxyde d'antimoine.

Deux analyses présentées par l'usine de Szalonak permettaient de se faire une idée du degré d'impureté du métal brut obtenu en première fusion :

	ÉCHANTILLON MOYEN.	CRISTAUX ISOLÉS dans la masse.
Antimoine	86.45	86.90
Fer	10.06	12.74
Soufre	3.15	0.33
Arsenic	0.09	"
Cuivre	0.01	"
TOTAL	99.76	99.07

La production annuelle de régule est peu importante dans l'établissement de M. Miller (une vingtaine de tonnes seulement), mais celle du sulfure liquaté atteint 500 tonnes.

L'usine Beau, à Alais, occupe 20 ouvriers et produit annuellement de 300 à 330 tonnes de régule par la méthode de précipitation; elle livre en outre au commerce une petite quantité de produits antimonieux. On devait y mettre en marche, dans le courant de l'année 1900, une fabrication d'oxyde d'antimoine par grillage et volatilisation, installée en vue d'une production journalière de 1 tonne. M. Beau (Emmanuel) a obtenu une médaille d'argent dans la Classe 64.

La Société des mines de la Lucette exploite la concession de ce nom, située dans la commune du Genest (Mayenne), et traite sur place le minerai qu'elle extrait. Elle applique la méthode de précipitation par le fer, suivant une formule introduite par M. Herrenschmidt, son directeur, formule sensiblement différente de celles décrites plus haut. La réaction s'opère sur une sole que l'on tient constamment recouverte d'une couche assez épaisse de régule en vue d'atténuer l'action corrosive des scories. Les charges se composent de minerai sulfuré, de carbonate de soude, de scories de raffinage, de fer et d'un peu de charbon. La scorie finale est assez pauvre en antimoine pour pouvoir être rejetée.

Le régule brut est raffiné par deux fusions successives avec une scorie composée d'un mélange de carbonate de soude et d'oxyde d'antimoine, celui-ci étant obtenu par grillage de minerais pauvres. La scorie est d'abord utilisée pour le raffinage final, ayant pour objet d'obtenir les lingots marchands dont la surface doit être couverte de cristallisations

ramifiées; elle passe ensuite au premier raffinage et enfin à la fusion pour antimoine brut, où elle s'appauvrit définitivement.

Le traitement des minerais pauvres par grillage s'effectue dans des fours à cuve dont le tirage est assuré au moyen d'éjecteurs à vapeur; l'oxyde est condensé dans des tuyaux en fonte.

La Société des mines de la Lucette produisait 40 tonnes de régule par mois en 1900; elle a obtenu une médaille d'argent.

Les usines japonaises ont généralement recours, pour fabriquer le régule, au procédé de précipitation, appliqué sur sole. La plus importante de ces usines est celle de la Société d'Itchinokawa, qui occupe 470 ouvriers et produit annuellement plus d'un millier de tonnes d'antimoine et de sulfure liquaté. En seconde ligne viendraient l'établissement Sunohara (Kumajirô), de Yéhimé-Ken, occupant 250 ouvriers, et celui de la Société de Stchiokawa, à Hiogo, d'une importance analogue. Ces diverses usines ont obtenu chacune une médaille d'argent.

Par la méthode de précipitation par le fer, on ne peut guère traiter avantageusement que des minerais riches, tenant au minimum 30 p. 100 d'antimoine si l'on opère au réverbère, 50 p. 100 si l'on opère au creuset. D'autre part, la liquation est assez coûteuse et ne permet pas de traiter de minerais tenant moins de 15 à 20 p. 100; or on ne peut concentrer pratiquement ces minerais par lavage. L'utilisation des minerais pauvres constituait donc un problème assez délicat dont la solution a été fournie, à une époque relativement récente, par le développement progressif de la méthode de grillage comportant la volatilisation complète de l'antimoine et sa condensation à l'état d'oxyde.

Cette méthode s'est constituée par une évolution lente, résultant d'une série de progrès successifs dont les principaux sont dus aux usines du Centre de la France.

Depuis longtemps on savait que toutes les opérations de la métallurgie de l'antimoine donnaient lieu à des pertes importantes par volatilisation. Ces pertes étaient faciles à expliquer puisque l'antimoine, son sulfure et son oxyde (Sb^2O^3) ont des points de fusion voisins de 600 degrés et présentent, vers cette température, une tension de vapeur relativement considérable. Pour atténuer les pertes, on avait été amené à faire passer les fumées, à leur sortie du four, à travers des chambres de condensation. L'élément principal que l'on y recueillait était l'oxyde d'antimoine (Sb^2O^3) coloré parfois par un peu de sulfure inaltéré, mais il se déposait accessoirement, dans les régions les plus chaudes, des croûtes d'antimoniate d'antimoine (Sb^2O^4), produites par une suroxydation de l'oxyde Sb^2O^3 à haute température.

Ces phénomènes avaient donné à divers inventeurs l'idée d'obtenir l'oxyde directement, par grillage du minerai et volatilisation de l'antimoine qu'il peut contenir. Dès l'année 1844, MM. Bobierre, de Ruolz et Rousseau prenaient un brevet à cet effet; ils oxydaient le sulfure d'antimoine à la température du rouge par l'action d'un mélange d'air et de vapeur d'eau. En 1858, M. de Franceschi brevetait l'emploi de l'air seul, admis en quantité limitée. En 1862, Glass proposait l'insufflation de l'air à travers du sulfure

fondu, en vue d'obtenir de l'oxyde volatilisé en même temps qu'un culot de régule impur.

En 1876, MM. Herrenschmidt et Borthwick faisaient breveter en Australie et appliquaient dans ce pays, à Costerfield, un procédé ayant pour objet la volatilisation de l'antimoine contenu dans des stibines aurifères. Ce procédé consistait en un grillage pratiqué dans un four rotatif, de section tronconique très allongée, à axe horizontal, avec tirage par ventilateur et dépôt de l'oxyde d'antimoine dans des chambres de condensation. Le 19 août 1883, M. Hering revendiquait un procédé analogue, où le grillage s'effectuait dans un réverbère ordinaire; il ignorait évidemment le brevet Herrenschmidt-Borthwick, ainsi que les essais faits dès 1858 à l'usine de Brassaget, près Brassac (Haute-Loire), suivant une formule sensiblement identique à celle qu'il proposait.

En 1882, des essais analogues furent repris dans la Haute-Loire, à Ouche, sous la direction d'un Anglais nommé Woolford, qui devait prendre plus tard, le 17 août 1889, un brevet pour une disposition comprenant : 1° un four coulant destiné à opérer le grillage; 2° des tuyaux en tôle ou en fonte pour assurer le refroidissement rapide des gaz dégagés; 3° des chambres de condensation pour recueillir l'oxyde d'antimoine. La possibilité d'obtenir une volatilisation complète et économique dans un four à cuve, dont le tirage était assuré par aspiration, avait été établie, dès le commencement de l'année 1883, par une publication faite par M. Helmhacker (*Berg und Hüttenmännische Zeitung*, 1883, p. 24 et suivantes).

Les éléments nécessaires pour la constitution d'un procédé pratique de traitement des minerais d'antimoine par volatilisation existaient à partir de cette époque; il restait à les grouper et à donner au procédé sa forme définitive. Des circonstances économiques spéciales en fournirent l'occasion.

Déjà l'introduction des sels d'antimoine dans l'impression sur étoffes, effectuée par Brooks en 1872, avait fourni pour l'oxyde de ce métal un débouché important qui lui manquait auparavant; ce fut la hausse extraordinaire du régule, pendant la période 1889-1892, qui stimula énergiquement les recherches ayant pour but la découverte d'une formule permettant de traiter économiquement les minerais pauvres et amena à expérimenter de nouveau la méthode par volatilisation.

De nombreuses usines, dont la plupart ne devaient avoir qu'une existence éphémère, se créèrent vers 1889 dans le Centre de la France et appliquèrent des variantes diverses de cette méthode.

Leur fonctionnement démontra que l'on pouvait réaliser au moyen de dispositions très variées la volatilisation de l'antimoine, suivie de sa condensation à l'état d'oxyde, et que les résultats obtenus dépendaient surtout du réglage de la marche des fours, réglage obtenu, il est vrai, d'une manière quelque peu empirique. Si l'accès d'air est insuffisant ou le refroidissement des fumées trop brusque, l'oxydation du sulfure d'antimoine volatilisé est incomplète et les produits condensés sont colorés en rouge ou en brun plus ou moins foncé. Si l'on introduit trop d'air et si un refroidissement trop lent facilite outre mesure le développement des phénomènes oxydants, on obtient, avec l'oxyde, une forte proportion d'antimoniate d'antimoine. On ne peut jamais éviter

la formation d'une certaine quantité de cette substance, qui se dépose sous forme de croûtes adhérentes dans les régions chaudes des carneaux de tirage; mais on cherche à en réduire autant que possible la production.

L'oxyde pulvérulent, recueilli dans les chambres de condensation, n'est pas de l'oxyde pur, malgré les affirmations contraires de certains fabricants; il contient, en réalité, de 9 à 10 p. 100 d'antimoniate d'antimoine. Sa solubilité complète dans les acides étendus, qu'on a voulu, bien à tort, considérer comme une garantie de pureté, doit être attribuée simplement au grand état de division de l'antimoniate d'antimoine mélangé à l'oxyde.

La formule de traitement par volatilisation peut être appliquée avec tous les appareils de grillage. On a pu obtenir des résultats satisfaisants sur la sole d'un réverbère ou dans un four rotatif, comme autrefois à Costerfield. Néanmoins l'appareil employé de préférence est un four à cuve, avec grille ordinaire ou grille à gradins, dans lequel on charge le minerai d'antimoine mélangé d'une proportion convenable de coke; on retire, du cendrier, au moyen de ringards ou de crochets, les résidus épuisés et plus ou moins frittés.

Le tirage est assuré le plus ordinairement au moyen d'un ventilateur; les gaz, sortant du four à haute température, se refroidissent d'abord en parcourant des tuyaux en fonte ou en tôle, puis circulent dans des chambres de condensation où ils laissent déposer de l'oxyde d'antimoine plus ou moins divisé. Les parties les plus fines sont parfois recueillies par filtration à travers des toiles ou des sacs, comme dans la fabrication du blanc de zinc.

Les tentatives faites pour assurer la précipitation rapide des fumées en injectant de l'eau dans le ventilateur ont donné des résultats médiocres au point de vue de la condensation et provoqué, par oxydation, une destruction rapide des parois métalliques.

Les oxydes très divisés sont livrés au commerce; les croûtes d'antimoniate d'antimoine, qui se rencontrent surtout sur les parois du carneau précédant les tubes de refroidissement, sont réduites au creuset ou sur sole, au moyen de charbon de bois, avec un fondant formé, soit de carbonate de soude, soit de chlorure de sodium, soit enfin d'un mélange de ces deux sels. Le métal ainsi obtenu est très pur; il ne contient ni fer, ni soufre, ni arsenic, ce dernier corps ne formant aucun composé fixe analogue à l'antimoniate d'antimoine.

Les résultats obtenus dans les usines d'Auvergne au moyen du procédé par volatilisation ont appelé l'attention d'autres établissements qui ont mis en œuvre des formules de traitement analogues.

Parmi les exposants appliquant couramment ce procédé, on pouvait citer M. Emmanuel Chatillon, à Brioude (Haute-Loire), et la Société anonyme « Miniere e fonderie d'antimonio », ayant son siège à Gênes (Italie) et ses usines à Livourne. Ils ont obtenu l'un et l'autre une médaille d'argent.

L'usine de Brioude, appartenant à MM. Bonnet, Ramel, Savigny, Giraud et Marnas, qui pratique le même traitement, a obtenu une récompense égale dans la Classe 87.

ÉLIMINATION DE L'ARSENIC ET DE L'ANTIMOINE

DES MINERAIS COMPLEXES.

La présence de l'arsenic ou de l'antimoine dans les minerais de cuivre, de nickel, d'argent, d'or, etc., constitue souvent un obstacle des plus sérieux à l'utilisation de ces minerais. Il y aurait un grand intérêt pratique à éliminer complètement, par un procédé peu coûteux, ces éléments nuisibles; jusqu'ici on n'a guère employé à cet effet que le grillage qui entraîne des frais assez élevés et donne des résultats souvent fort imparfaits. Dans certains cas, notamment dans celui du traitement des minerais d'antimoine aurifères, on ne dispose d'aucun procédé réellement pratique pour opérer la séparation des deux métaux.

M. Petersson (Elias-Fredrik) a fait breveter, en 1898 et 1899, un procédé d'élimination de l'arsenic et de l'antimoine qu'il a exposé dans la section belge de la Classe 64. Sa méthode de traitement consiste à chauffer en moufles clos un mélange de minerai et de charbon, préalablement pulvérisés et intimement mélangés, à une température suffisamment élevée pour provoquer la volatilisation des sulfures d'arsenic ou d'antimoine qui iront se déposer dans des condenseurs spéciaux. La température nécessaire pour le succès de l'opération serait de 500 à 700 degrés centigrades pour le sulfure d'arsenic, de 800 à 1,000 degrés centigrades pour le sulfure d'antimoine.

Ces sulfures seraient condensés dans un état de pureté permettant de les livrer au commerce. Ils seraient absolument exempts de métaux précieux, ceux-ci restant intégralement dans le résidu solide.

Ce résidu solide serait traité par cyanuration, chloruration ou fusion, si l'on voulait simplement en extraire les métaux précieux. Dans les cas où il contiendrait du cuivre ou du nickel, il constituerait l'équivalent d'un minerai sulfuré exempt d'arsenic ou d'antimoine et serait traité suivant les formules ordinaires.

Le tellure se volatiliserait à l'état de sulfure comme l'arsenic et l'antimoine.

Pour obtenir, avec les minerais oxydés, des résultats analogues, il faudrait les mélanger préalablement d'une certaine proportion de pyrite de fer.

M. Petersson présentait des certificats affirmant que son procédé avait donné de bons résultats pour l'élimination de l'arsenic contenu dans les pyrites aurifères de Tavagnasco (Italie) ainsi que pour celle de l'antimoine renfermé dans un minerai tenant 39.25 p. 100 de ce métal avec 95 grammes d'or par tonne.

Dans le traitement de ce deuxième minerai, effectué à Swansea, on avait constaté que le sulfure d'antimoine volatilisé ne contenait pas trace d'or et on avait contrôlé ce résultat par le dosage du métal précieux dans le résidu. Il aurait été intéressant de savoir si ce résidu ne renfermait pas d'antimoine, mais le certificat signé par MM. J. H. James et C. A. Seyler ne précisait rien à cet égard.

Le principe du procédé Petersson est rationnel, mais il reste à savoir si l'application en sera réellement pratique et si les frais qu'elle nécessitera ne seront pas notablement supérieurs aux chiffres de 10 à 17 francs par tonne de minerai, indiqués par l'inventeur. Quelques réserves qu'il y ait à faire à ce sujet, le Jury a considéré que le procédé de M. Patersson présentait un intérêt suffisant pour justifier l'octroi d'une mention honorable à son auteur.

MÉTALLURGIE DU MERCURE.

Le mercure est un métal assez répandu dans l'ensemble des roches constituant l'écorce terrestre, mais il se présente très souvent dans un état de dissémination qui rend son exploitation difficile. Sa production, pendant l'année 1899, est résumée dans le tableau ci-dessous :

	tonnes.		tonnes.
Autriche	504	Mexique	324
Espagne	1,357	Russie	360
États-Unis	993		
Italie	201	TOTAL	3,739

Les autres pays n'en fournissent que des quantités insignifiantes. Il convient cependant de réserver une mention spéciale à la Chine qui produit, il est vrai, une quantité très faible de mercure, mais où l'obtention directe du vermillon, par broyage et lavage des minerais cinabrifères, a une certaine importance.

Le centre de production le plus important du monde entier, Almaden, n'était pas représenté à l'Exposition; il en était de même des nombreuses exploitations de la Californie. Cette dernière abstention était regrettable au point de vue scientifique, car il aurait été intéressant de se rendre compte des progrès réalisés récemment, au point de vue métallurgique, dans ce district qui a tant contribué, de 1860 à 1880, au perfectionnement des méthodes de traitement des minerais de mercure.

L'abstention de l'usine d'Idria (Autriche) aurait été non moins regrettable, si les appareils métallurgiques créés dans cet important établissement à une époque relativement récente n'avaient été représentés dans les expositions des usines de Nikitowka (Russie) et du Siele (Toscane).

Les appareils employés dans les autres établissements exposants, la Société de Miérès et la Société El Porvenir, dans les Asturies (Espagne), la Société de La Cruz, à Huitzuco (Mexique), diffèrent très sensiblement de ceux en usage à Idria.

L'exposition de la Société Auerbach et Cie (usine de Nikitowka) se composait de modèles représentant les fours employés par cette Société; elle faisait ressortir que les dispositions générales de ces fours n'ont pas sensiblement varié depuis 1889.

Le minerai exploité à Nikitowka est un grès cinabrifère dont la teneur moyenne en mercure est de 0.7 p. 100 environ. Il est traité dans des fours coulants, cylindriques à leur partie supérieure et se rétrécissant progressivement vers la base : celle-ci est formée par une trémie tronconique en fonte, dont le bord inférieur est à 0 m. 80 environ au-dessus du sol d'usine; le minerai calciné glisse par l'intervalle existant entre ce bord et la surface d'un cône en fonte. A la partie supérieure du four, l'introduction du minerai est assurée par une trémie à double fermeture; l'évacuation des gaz l'est par une

série d'orifices latéraux aboutissant à un collecteur circulaire. Le four est muni d'une enveloppe en tôle rivée et supporté par une série de petites colonnes en fonte. Ce type reproduit à peu près les dispositions en usage à Idria vers 1887; il a l'inconvénient de se prêter moins facilement que le type actuel de la même usine au réglage de l'admission d'air.

Les menus de teneur moyenne sont traités soit au réverbère, soit au four à cascades; ces deux appareils, comme le précédent, reproduisent les types en usage à Idria au moment de la construction de l'usine de Nikitowka.

Le réverbère, complètement enveloppé de plaques de fonte boulonnées, est chauffé au moyen d'une grille placée au-dessous de sa sole, vers le milieu de la longueur de celle-ci. Les flammes sortant de cette grille circulent sous la sole et la chauffent ainsi par-dessous, sur une partie de son étendue, en même temps qu'elles réchauffent une certaine quantité d'air secondaire qui circule parallèlement, dans des canaux juxtaposés. Le mélange de cet air secondaire avec les gaz incomplètement brûlés se fait un peu en avant de l'unique porte de travail du four, placée à une de ses extrémités. La combustion s'effectue complètement et la flamme se développe au-dessus de la sole pour sortir vers l'extrémité opposée, en entraînant les vapeurs de mercure.

Le minerai, introduit près de l'orifice d'évacuation du gaz, au moyen d'une trémie à double fermeture ménagée dans la voûte, progresse par râblage en sens inverse du courant gazeux. Une fois épuisé, il tombe par cinq canaux verticaux, à parois formées de briques réfractaires, dans une trémie en tôle où il se refroidit.

Les fours à cascades (schüttöfen), inventés par M. Tschermak, à Idria, ont pour objet d'assurer une descente relativement lente du minerai pulvérulent, qui glisse sur les faces inclinées d'une série de dièdres parallèles en terre réfractaire, disposés en alternance horizontale à l'intérieur d'un grand massif rectangulaire, en briques réfractaires, revêtu extérieurement de plaques de fonte jointives. Le minerai cru forme, à la partie supérieure, une couche assez épaisse pour empêcher le passage des gaz; sa descente, à la partie inférieure de l'appareil, est provoquée de temps à autre par les oscillations d'une double plaque perforée.

Le minerai grillé séjourne quelque temps à la partie inférieure de l'appareil avant d'être évacué à l'extérieur; il descend lentement, au contact d'un certain nombre de tubes elliptiques en fonte, à l'intérieur desquels circule de l'air qui récupère la chaleur accumulée dans le minerai épuisé.

La circulation du courant gazeux s'effectue dans une direction perpendiculaire à celle de la descente du minerai. Le chauffage est assuré par quatre grilles, placées au milieu de chacune des faces de l'appareil et alimentées avec du combustible à longue flamme, de manière à fonctionner partiellement comme gazogènes. La combustion se termine, dans une chambre située à la base du massif et allongée suivant la longueur de celui-ci, sous l'action d'un excès d'air secondaire, ayant récupéré, comme on l'a vu plus haut, la chaleur emmagasinée dans le minerai grillé. C'est donc un courant gazeux à température élevée et contenant un excès d'oxygène qui sort de la chambre de combus-

tion par une série d'ouvertures latérales, pour circuler sous la première rangée de dièdres, passer de là sous la deuxième en passant par une série de canaux bifurqués, ménagés dans l'épaisseur du mur extérieur, et effectuer ainsi une série de parcours horizontaux, qui sont au nombre de quatre ordinairement. Pendant cette circulation, les gaz chauds se sont trouvés constamment en contact avec le minerai qui descend sur la surface supérieure des dièdres, en suivant la ligne de plus grande pente, et qui subit, par l'effet même de sa descente, un brassage continu. A la partie supérieure du four, les gaz sont recueillis dans deux collecteurs placés sur les arêtes longitudinales du massif.

A Idria, tous les minerais pulvérulents, quelle que soit leur teneur, sont traités soit dans les schüttöfen, soit au réverbère. A Nikitowka, ceux de ces minerais qui ont la plus haute teneur en mercure passent à un four spécial imaginé par M. Auerbach. Ce four consiste en un réverbère à double sole inclinée, sorte de grand dièdre obtus, à faces faisant un angle de 35 degrés avec l'horizon, sur lesquelles le minerai, introduit suivant l'arête, glisse lentement pour tomber finalement dans deux réservoirs où il se refroidit. Le chauffage des soles est assuré par une circulation de flammes en dessous et en dessus de ces soles.

Dans tous les appareils employés à Nikitowka, les vapeurs de mercure se dégagent mélangées avec les produits gazeux émanés des chauffes et doivent en être séparées par condensation. Le procédé suivi à cet effet consiste à refroidir d'abord les gaz jusqu'aux environs de 100 degrés par circulation dans des tuyaux en fonte refroidis simplement par le contact de l'air extérieur, puis à achever leur réfrigération par circulation dans des serpentins en fonte revêtue de ciment ou en poterie de grès arrosés d'eau extérieurement. Au moyen des serpentins à section aplatie, de 0 m. 50 sur 0 m. 20, tels qu'ils ont été mis en usage par M. Tschermak, à Idria, on arrive à ne laisser qu'un écart de quelques degrés entre la température des gaz et celle de l'eau d'arrosage. La seule précaution à prendre, quand on emploie des appareils en poterie de grès, est d'éviter d'y introduire des gaz à une température notablement supérieure à 100 degrés centigrades, sous peine de voir se produire des ruptures. La fonte n'est pas aussi sensible que le grès aux variations de température, mais elle se corrode rapidement dès que l'eau se condense à sa surface; pour la protéger, il faut lui appliquer un revêtement de ciment qui adhère souvent assez mal et qui diminue beaucoup sa conductibilité.

Au cours du passage des gaz à travers les serpentins Tschermak, le mercure s'est condensé en grande partie et a pu être recueilli dans les bacs pleins d'eau qui forment fermeture inférieure pour chaque double branche des siphons. Mais il en reste encore une fraction notable à l'état de gouttelettes très fines, en suspension dans le courant gazeux. Pour faire précipiter ces gouttelettes, le procédé le plus efficace consiste à faire circuler les gaz dans de longs canaux et dans des chambres présentant une grande surface. A Nikitowka, le développement de ces installations accessoires paraît être relativement faible; il est très considérable à Idria. La différence serait en corrélation avec le système adopté pour assurer la circulation des gaz. A Nikitowka, le tirage est obtenu au moyen d'une simple cheminée; à Idria, il l'est au moyen d'un ventilateur. Cette deuxième

solution est bien préférable à la première; elle permet de tenir en dépression l'ensemble des appareils de condensation ainsi que les fours eux-mêmes et d'éviter ainsi toute perte par refoulement des vapeurs mercurielles à l'extérieur. Elle devrait être toujours appliquée dans la métallurgie des métaux volatils.

Le Jury de la Classe 64 a décerné une médaille d'or à la Société Auerbach et Cie.

Les mines du Siele, appartenant à la maison Angelo Rosselli, de Livourne (Toscane), représentaient à l'Exposition le type le plus perfectionné des installations créées sur le modèle d'Idria. Elles ont été complètement reconstruites pendant la période 1890-1896, sous la direction d'un des ingénieurs les plus distingués de cette dernière usine, M. Vincent Spirek.

On pratiquait auparavant, aussi bien au Siele que dans les usines voisines, une méthode de traitement assez peu rationnelle. Les minerais exploités dans ce district doivent leur teneur en mercure à la présence de cinabre disséminé à l'état, soit de nodules, soit de très petits cristaux, dans une argile remplissant les cavités d'un calcaire éocène. On soumettait cette argile à un débourbage suivi d'un lavage opéré au crible à main pour les grenailles, sur des tables dormantes pour les matières fines. On obtenait ainsi : 1° des concentrés très riches, que l'on traitait par distillation, avec addition de chaux, dans des moufles en fonte; 2° des matières plus pauvres que l'on passait au four à cuve; 3° des résidus argileux qui contenaient encore de 0.6 à 1 p. 100 de mercure. Le traitement au moufle donnait lieu à des pertes importantes, évaluées à 30 p. 100 au moins de la teneur. Le four à cuve, muni à sa partie supérieure d'une trémie à fermeture hydraulique et, à sa partie inférieure, d'une grille à travers laquelle on faisait passer les résidus épuisés, semble avoir donné des résultats plus satisfaisants. La volatilisation du mercure s'y effectuait assez bien, mais la condensation des vapeurs de ce métal était, semble-t-il, assurée d'une manière relativement imparfaite par circulation dans trois chambres recevant une pluie d'eau à leur intérieur. D'autre part, le tirage, assuré simplement par une cheminée de faible hauteur, devait laisser souvent à désirer.

Actuellement, on a complètement renoncé à la préparation mécanique : on se contente de faire trois classes, le minerai riche d'une part, séparé par triage à la main, le minerai pauvre, d'autre part, qui se subdivise en deux catégories de grosseur par un criblage sur des tôles perforées de trous de 35 millimètres de diamètre.

Une partie du minerai riche est encore traitée au four à moufles, mais cet appareil a été modifié en vue d'augmenter sa puissance de production et d'atténuer ses défectuosités au point de vue hygiénique. A cet effet, on a placé dans le four deux rangées de moufles au lieu d'une, on a mis les condenseurs des moufles en communication avec les chambres centrales de condensation, tenues constamment en dépression, et on a installé des appareils mécaniques pour l'extraction des résidus. Mais on cherche actuellement à traiter la plus grande partie possible du minerai riche dans un four Tschermak de très petites dimensions.

Le gros minerai, relativement pauvre, est traité dans trois fours à cuve. Ceux-ci ont été reconstruits de manière à éviter autant que possible les pertes de mercure par infil-

tration dans les fondations, sans que cependant on ait cru devoir les revêtir d'une enveloppe métallique continue, comme à Idria. On s'est borné à faire reposer sur des plaques de fonte les piliers en maçonnerie qui supportent la cuve, à cimenter la sole et à lui donner une inclinaison assurant l'écoulement, vers un récipient en fonte, du mercure qui pourrait suinter à la partie inférieure. La cuve elle-même est consolidée par des frettes en fer.

Un des deux fours à cuve est isolé; les deux autres forment un massif unique, ayant pour section intérieure un carré de 1 m. 20 de côté qui est divisé en deux par une cloison. Ces trois fours passent par vingt-quatre heures 18 tonnes de minerai, avec une consommation de 5 p. 100 de charbon de bois dur. Le personnel est de deux ouvriers au gueulard et de deux au niveau du sol; il pourrait desservir un four de plus.

La condensation s'effectue, pour chaque four à cuve, dans une double rangée de serpentins Tschermak, en grès; de là, les gaz sont dirigés dans de grandes chambres en bois où circulent tous les gaz, aspirés par un ventilateur du type Root.

Les minerais menus sont traités dans de grands fours à cascades (schüttöfen) du système Tschermak-Spirek, comportant, par rapport au type primitif, les perfectionnements suivants, introduits par M. Spirek. Les fours ne comportent plus que deux foyers, placés au milieu des petits côtés; l'appareil, devenu complètement symétrique, fonctionne plus régulièrement. De plus, au-dessus de la rangée supérieure de dièdres (la quatrième), on a placé une autre rangée formant un nouveau groupe de canaux mis en communication avec un collecteur spécial. Ce collecteur recueille, outre la vapeur d'eau dégagée dans cette région du four, une petite quantité de vapeurs mercurielles et les dirige vers un système indépendant de condenseurs Tschermak. Avec cette disposition et en prenant la précaution de maintenir une couche de 0 m. 60 de minerai menu au-dessus du bord inférieur des dièdres supérieurs, on est certain qu'il ne se produira aucune fuite de vapeurs mercurielles à la partie supérieure de l'appareil.

D'après M. Spirek, les températures observées dans les fours à cascades de l'usine du Siele seraient les suivantes :

Air secondaire introduit dans la chambre de combustion		300° à	600°
Gaz	dans la chambre de combustion	800	900
	dans la première rangée de dièdres	700	800
	dans la deuxième	500	600
	dans la troisième	500	
	dans la quatrième	360	400
	dans le collecteur supérieur	260	360
	dans la cinquième rangée de dièdres	100	200

La composition des gaz varie entre les limites suivantes :

CO^2	16 à	22 p. 100.
CO	2	0.5
Az	54	51
Air en excès	26	21

En bonne allure, le volume d'air employé est environ une fois et demie le volume théorique; le rapport s'élève parfois jusqu'à 2.5.

La quantité de minerai traitée par vingt-quatre heures dépend des dimensions du four, de la teneur du minerai et de la nature de la gangue de celui-ci. Les minerais argileux, par exemple, exigent un séjour de trois heures dans le four, tandis que les minerais calcaires ou siliceux sont suffisamment appauvris au bout de deux heures. La production, pour un grand four, est de 12 à 16 tonnes par vingt-quatre heures dans le premier cas et de 20 à 26 tonnes dans le second.

Les résidus sont évacués à une température d'environ 100 degrés; ils sont complètement épuisés quand le travail est bien réglé. On s'en assure en les faisant entraîner dans un canal par un violent courant d'eau; si le grillage a été mal fait, on observe des taches de cinabre au fond du canal.

Le personnel n'est que de deux hommes, un chargeur et un chauffeur. La surveillance à exercer est peu de chose, car elle est limitée pratiquement aux deux rangées inférieures de dièdres, où la température varie entre 600 et 800 degrés. Au-dessous de 600 degrés, le minerai ne donne jamais lieu à des accrochages.

La perte sur la teneur, en marche normale, ne dépasse pas 4 à 5 p. 100 en moyenne.

Les condenseurs Tschermak sont divisés, dans le sens longitudinal, en deux groupes séparés par une chambre à parois de bois : le premier groupe est nettoyé toutes les semaines, le second tous les mois. L'opération s'effectue sans arrêter les fours, en ralentissant simplement leur marche et faisant passer tous les gaz par une moitié des siphons; pendant ce temps on ouvre les autres siphons et on les nettoie avec des brosses et des racloirs d'abord, puis au moyen de jets d'eau sous pression.

Les chambres de condensation sont en bois; leur hauteur est limitée à 2 mètres afin de rendre leur nettoyage plus facile. Elles sont supportées par des poteaux à une certaine hauteur au-dessus d'une aire en ciment et subdivisées intérieurement par de nombreuses cloisons en planches, laissant un passage aux gaz alternativement près du plafond et près du plancher. On enlève de temps en temps la suie qui s'est déposée sur celui-ci, mais c'est seulement tous les deux ans qu'on procède à un nettoyage complet des parois.

Le tirage est réglé au moyen d'un ventilateur Root, construit en bois; on s'arrange de manière à obtenir une dépression ne dépassant pas 0 millim. 1 dans les tuyaux reliant les fours aux condenseurs et 0 millim. 4 à l'ouïe du ventilateur.

Les suies, dont le poids représente environ 1 p. 100 de celui du minerai, sont traitées par malaxage avec de la chaux, dans un appareil en fonte du type Exeli.

La production annuelle du mercure, à l'usine du Siele, est de 110 tonnes.

Le Jury de la Classe 64 a attribué une médaille d'argent à M. Angelo Rosselli, propriétaire de cet établissement.

L'exposition de la Hongrie renfermait, au milieu de documents concernant la sidérurgie, quelques indications intéressantes relatives à l'extraction du mercure contenu dans les cuivres gris des filons de Kotterbach, près Markusfalva (comitat Szepes). Ces

cuivres gris, accompagnés de pyrite cuivreuse et d'un peu de cinabre, se rencontrent en mouches dans de la sidérose formant le remplissage de filons puissants. Ils étaient autrefois l'objet principal de l'exploitation de ces filons et n'en sont plus aujourd'hui qu'un élément secondaire. La Société de Witkowitz extrait annuellement à Kotterbach 160,000 tonnes de sidérose que l'on soumet d'abord à un triage pour en séparer les morceaux contenant de la pyrite cuivreuse et du cuivre gris. Ces morceaux sont soumis à une préparation mécanique qui donne d'une part des cuivres gris relativement riches, d'autre part de la sidérose retenant encore un peu de cuivre gris. On grille la deuxième catégorie, de même que le minerai de fer séparé par le triage, dans des fours à cuve dont le tirage est assuré par aspiration, au moyen d'un injecteur Körting; cette disposition permet de faire passer les gaz, provenant de 12 fours de grillage, à travers un système de deux tours remplies de fragments de calcaire sur lesquels on fait ruisseler de l'eau. On absorbe ainsi l'acide sulfureux qui a pu se dégager et on condense une certaine quantité de mercure qui se dépose avec d'autres poussières dans les conduites de gaz ainsi que dans les boues des bassins de dépôt.

Ces poussières et ces boues, réunies aux cuivres gris concentrés par triage et lavage, passent dans un four Tschermak; le mercure se dépose, à l'état liquide, dans des condenseurs en siphon, sous forme de suies, dans des chambres de condensation. Les résidus de grillage tiennent 12 p. 100 de cuivre; on les envoie à Witkowitz où l'on extrait ce métal.

En Espagne, la production du district des Asturies est comparable, comme importance, à celle du district du Monte Amiata, mais elle est obtenue par des procédés métallurgiques sensiblement différents.

Les premiers appareils employés furent ceux usités depuis longtemps à Almaden, c'est-à-dire le four Bustamante ou à aludels, et le four connu à Almaden sous le nom de four d'Idria. Ils existent encore dans les principales usines du district, mais ils tendent à être remplacés, pour le traitement du minerai en morceaux, par un four coulant imaginé par M. Gascue et par M. Ramon Rodriguez, directeur de la Société El Porvenir.

Le four Bustamante et le four dit d'Idria présentent, outre les inconvénients inhérents au travail intermittent, celui de ne pas se prêter au traitement d'une forte proportion de menus. Aussi fut-on amené à installer à l'usine El Porvenir un four Livermore, avec les modifications apportées à cet appareil, lors de son installation à Almaden, par M. Oyarzabal. Cet appareil, du type à 12 canaux, passe 3 tonnes de minerai par jour; on lui reproche de consommer une proportion de coke relativement élevée, 10 p. 100 du poids du minerai, de donner lieu à des pertes de mercure assez fortes, par suite de la fissuration fréquente des voûtes des canaux, et d'être sujet à des accrochages qui dérangent le travail. M. Ramon Rodriguez a cherché, dans le perfectionnement des fours à moufles, une solution meilleure du problème du traitement des menus et a créé un type qui s'est répandu peu à peu dans les diverses usines du district.

En même temps, M. Ramon Rodriguez installait à l'usine El Porvenir le tirage par aspiration au moyen de ventilateurs, système dont nous avons indiqué les avantages L'aspiration est obtenue au moyen de 3 ventilateurs, commandés par

une machine à vapeur de 8 chevaux. Avant d'être évacués dans l'atmosphère, les gaz circulent à travers un système de canaux et de chambres de condensation ayant un développement total de 1,200 mètres. Un nettoyage a lieu tous les mois; il donne des suies contenant une forte proportion d'acide arsénieux et présentant par suite des difficultés spéciales de traitement, sur lesquelles nous reviendrons après avoir décrit les types nouveaux de fours créés par M. Ramon Rodriguez, soit seul, soit en collaboration avec M. Gascue.

Le four Gascue-Rodriguez, destiné au traitement du minerai en morceaux, est un four à cuve de 3 m. 50 de haut, s'élargissant légèrement vers le bas, jusqu'à atteindre un diamètre de 2 mètres. Son gueulard est muni d'une trémie de chargement, à fermeture hydraulique. Pour faciliter le glissement du minerai calciné vers les quatre ouvertures latérales servant au déchargement, la paroi inférieure du four est formée d'un cône de maçonnerie, revêtu de tôle vers sa base. Le sommet de ce cône est formé par une pièce de fonte, percée de cinq orifices disposés de manière à éviter leur obstruction par la poussière; ces orifices servent, concurremment avec les ouvertures latérales de déchargement, à assurer l'introduction de l'air pendant la marche normale; on les utilise spécialement au moment de la mise à feu.

A cet effet, on ménage au-dessous du cône inférieur un foyer, surmonté d'une série d'arceaux transversaux en briques qui divisent la flamme avant qu'elle ne pénètre dans le four, à travers les orifices ménagés au sommet du cône. Ce foyer n'est utilisé qu'au moment de l'allumage, qui s'effectue en remplissant la cuve du four de minerai déjà calciné, mélangé avec 2 à 3 p. 100 de coke, et en fermant les portes de déchargement au moyen de murs en briques. Une fois la masse portée à l'incandescence, c'est-à-dire au bout de 30 à 36 heures, on ouvre les embrasures, on tire une certaine quantité de résidus et on commence à charger le minerai mélangé d'abord de la même proportion de coke qu'au moment de la mise à feu. On laisse alors éteindre le feu sur la grille inférieure et on mure l'entrée du cendrier, de manière à y provoquer un appel d'air, dans le sens descendant, à travers des canaux ménagés dans la maçonnerie de la cuve, entre la chemise réfractaire et l'enveloppe extérieure. Cette circulation, si elle est active, refroidit la cuve, assure sa conservation et en même temps empêche les infiltrations de mercure d'arriver jusqu'à la paroi extérieure qui, dans le four Gascue-Rodriguez, est simplement frettée et non revêtue d'une enveloppe métallique continue, comme à Idria. Il reste à savoir si l'aspiration qui se produit à travers le four, contrariée par d'inévitables rentrées d'air à travers les embrasures d'évacuation des résidus, est suffisamment intense pour assurer une circulation active du courant gazeux dans les canaux, de faible section, qu'on a réservés dans les parois.

En marche normale, on peut souvent diminuer la proportion de coke indiquée plus haut et la réduire à 1 p. 100 ou même à zéro quand le minerai contient une quantité suffisamment élevée de pyrite, ordinaire ou arsenicale.

On introduit, toutes les heures, une charge de 350 à 400 kilogrammes de minerai, en fragments de 3 à 10 centimètres de diamètre. Cette charge a préalablement séjourné une heure environ dans la trémie, où elle a commencé à s'échauffer.

L'introduction se fait par abaissement du cône inférieur, le couvercle supérieur de la trémie ayant été préalablement mis en place. Elle a été précédée de l'extraction d'une quantité correspondante de résidus par les quatre embrasures inférieures.

Les gaz sortent, à une température de 110 à 150 degrés, par un tuyau elliptique en fonte, ayant 0 m. 50 de hauteur sur 0 m. 40 de large. Ils sont dirigés d'abord dans deux circuits de condensation, formés chacun de deux chambres construites en briques, voûtées en berceau, et munies d'une sole formée par l'extrados d'une voûte demi-cylindrique au-dessous de laquelle circule un courant d'air. Cette disposition a un double objet, assurer le refroidissement de la sole et éviter ou du moins atténuer beaucoup les pertes de mercure par infiltration. Chacun des deux groupes de chambres a intérieurement 3 mètres de largeur et 3 m. 50 de hauteur minima; il est subdivisé, par une cloison creuse, avec circulation intérieure d'air, en deux chambres partielles de 2 mètres de longueur chacune. Des valves convenablement disposées permettent de diriger à volonté les gaz dans l'un ou l'autre des deux groupes ou dans les deux à la fois; on peut donc procéder au nettoyage sans arrêter le four.

Les gaz, pénétrant dans la première chambre près de la voûte, redescendent pour passer dans la deuxième à travers des ouvreaux ménagés vers le bas de la cloison; ils remontent ensuite, dans cette deuxième chambre, jusqu'à un des quatre orifices ménagés près de la voûte. Ils passent alors dans deux petites chambres, ayant chacune 2 m. 20 de longueur, 1 m. 50 de largeur et 2 m. 50 de hauteur, placées à un niveau plus élevé; celles-ci sont à parois pleines et ne présentent aucune disposition spéciale destinée à assurer le refroidissement de leur sole.

Les gaz qui ont traversé les deux groupes se réunissent dans une grande chambre construite sur plan demi-circulaire, en sortent par des orifices placés à l'arrière et traversent une trompe à eau qui maintient en dépression tout le système de condensation ainsi que le four lui-même. Ils remontent ensuite vers la cheminée, effectuant un parcours total de 55 mètres avant leur évacuation.

L'installation décrite ci-dessus, traitant journellement 8 tonnes 5 de minerais tenant de 0.3 à 1 p. 100 de mercure, comporte un volume de 150 mètres cubes pour les chambres de condensation. On estime que cette capacité est suffisante parce que les essais faits à la feuille d'or sur le courant gazeux qui sort de la cheminée n'ont pas donné d'indices de mercure. Il convient de rappeler que, d'après les observations faites par M. Christy en Californie, l'essai à la feuille d'or ne présente pas des garanties absolues d'exactitude. Du reste, il semble que MM. Gascue et Rodriguez aient estimé eux-mêmes que la capacité indiquée ci-dessus était trop faible, car dans une installation analogue, faite à Aller (Asturies), pour traiter 6 tonnes seulement par jour, ils ont construit quatre chambres de condensation, ayant chacune 5 m. 25 de longueur intérieure, 3 m. 50 de largeur et 4 m. 25 de hauteur. Ces chiffres donnent un volume total de 294 mètres cubes, soit de 49 mètres cubes par tonne traitée et par 24 heures, alors que la valeur du même coefficient n'était que de 22 m. c. 4 à El Porvenir.

La trompe aspirante consomme environ 173 mètres cubes d'eau par jour; elle est parfois remplacée par un ventilateur.

La plus grande partie du mercure condensé est recueillie dans les premières chambres; néanmoins on doit retraiter beaucoup de suies contenant environ 62 p. 100 d'acide arsénieux pour 14 de mercure. Ces suies sont brassées avec un rabot en bois sur une aire également en bois, d'abord sans addition, puis en mélange avec une certaine quantité de chaux; chacune de ces deux opérations extrait 20 p. 100 environ de leur teneur en mercure. On lave ensuite la matière dans une caisse traversée par un courant d'eau et on obtient encore 45 p. 100 de la teneur initiale. Pour extraire la plus grande partie possible des 15 p. 100 restants, on agglomère les résidus avec 0.3 p. 100 de coke et 0.3 p. 100 d'argile, et on leur donne la forme de boules qu'on charge à la partie supérieure des fours Bustamante ou d'Idria. Quand la proportion de ces résidus est importante, on obtient, dans les premières chambres des condenseurs, des suies tenant jusqu'à 90 p. 100 d'acide arsénieux et 2 p. 100 seulement de mercure; ces suies sont vendues à la fabrique de produits arsénicaux annexée à l'usine de la Soterraña (appartenant à la Fabrica de Miérès). Les suies des autres chambres, plus riches en mercure, subissent le traitement ordinaire.

Les frais de traitement sont d'environ 8.5 pesetas par tonne de minerai. On admet que la perte sur la teneur serait un peu supérieure à 3 p. 100; on l'attribue pour moitié à l'épuisement imparfait des résidus, tenant 0.01 à 0.02 p. 100 par tonne, alors que les minerais tiennent 1 p. 100 au maximum. Les gaz seraient évacués à une température sensiblement égale à la température extérieure et ne contiendraient par suite qu'une proportion très faible de mercure à l'état de vapeur.

Ces résultats paraissent très satisfaisants à première vue, surtout si on les rapproche des 6 p. 100 de perte sur la teneur constatés avec les fours à cuve du dernier type d'Idria. Mais les résultats obtenus dans cette dernière usine et à El Porvenir ne sont certainement pas comparables. A Idria, les prises d'essai sont faites d'une manière systématique et on emploie, pour les dosages de mercure, le procédé Eschka qui permet d'obtenir des résultats très exacts. Dans les Asturies, la prise d'essai semble être faite assez sommairement. De plus l'analyse de l'échantillon moyen, ou considéré comme tel, se fait dans une cornue en fer, par réaction sur de la chaux sodée additionnée de charbon de bois et avec passage des vapeurs sur de la tournure de fer. Cette méthode analytique est peut-être un peu plus exacte que l'ancienne méthode de distillation dans une cornue en verre; elle l'est certainement moins que la méthode Eschka. Il y a donc probablement quelques réserves à faire au sujet de toutes les indications de rendement émanant des usines à mercure des Asturies

Dans ces usines, on traite généralement les menus dans des fours à moufles du système Rodriguez. Ces fours contiennent de deux à cinq moufles en fonte, quatre en moyenne, chauffés par un foyer inférieur. Les moufles, à section en D, sont inclinés de 12 degrés sur l'horizon : le minerai y est introduit par une trémie à fermeture hydraulique, placée à l'arrière; en avant, se trouve une porte qu'on peut ouvrir plus ou

IMPRIMERIE NATIONALE.

moins soit pour retirer les résidus, soit pour régler l'admission de l'air. Celui-ci, aspiré par une trompe ou par un ventilateur, parcourt le moufle en réagissant sur le minerai; les gaz de grillage sortent par un orifice ménagé dans la paroi d'arrière, traversent successivement trois chambres de condensation qui, pour un four à quatre moufles, représentent une capacité totale de 40 mètres cubes environ, passent ensuite à travers une trompe de 7 m. 50 de hauteur ou un ventilateur et aboutissent finalement à la cheminée.

Le minerai traité doit être en morceaux de 1 centimètre de diamètre au maximum. On introduit une charge de 50 kilogrammes dans chaque moufle, on étale bien cette charge au râble, puis on baisse la vanne antérieure du moufle de manière à laisser une ouverture d'environ 0 m. 02 de hauteur. Toutes les demi-heures, on relève la vanne, on brasse le minerai, puis on abaisse de nouveau la vanne. Au bout d'une heure et demie, le minerai est épuisé; on l'enlève et on introduit une nouvelle charge.

Un four à quatre moufles, coûtant 6,700 pesetas et occupant en tout cinq ouvriers, passe 3 tonnes de minerai par 24 heures. Par tonne, la consommation de houille est de 100 kilogrammes et les frais sont en tout de 4,75 pesetas. D'après l'inventeur, la perte ne serait que de 1 p. 100 de la teneur; ce chiffre nous paraît inférieur à la réalité, pour les raisons indiquées plus haut.

La Société El Porvenir possède 4 fours d'Idria, 1 four Livermore, 3 fours Rodriguez à moufles et 1 four à cuve Gascue-Rodriguez. Elle peut traiter 27 à 28 tonnes de minerai par jour; en admettant pour ce minerai une teneur moyenne de 0.95 p. 100, elle devrait obtenir une production annuelle de 2,000 bouteilles de mercure (de 34 kilogr. 5), mais en fait sa production moyenne n'a pas dépassé 1,500 bouteilles, soit 50 tonnes environ, pendant ces dernières années. Elle a obtenu une médaille d'argent et M. Alvarez Rodriguez, son directeur, a reçu la même récompense à titre personnel.

L'usine de la Soterraña, à Munon Cisnero, appartenant à la Société anonyme de la Fabrica de Miérès, était représentée dans l'exposition de cette dernière Société.

Elle traite dans deux fours Bustamante et deux fours Rodriguez un minerai contenant en moyenne 0.5 p. 100 de mercure et 10 p. 100 environ de réalgar. Sa production annuelle est seulement de 400 bouteilles ou 13 tonnes 8 de mercure, mais la fabrication du sulfure d'arsenic, par traitement des suies produites dans l'usine ou achetées à d'autres usines analogues, y a pris une importance considérable; elle représente aujourd'hui 300 tonnes par an.

Les gisements de mercure de Huitzuco (Mexique), encaissés dans des calcaires crétacés, au voisinage d'un massif trachytique, comme ceux du district de Monte-Amiata, constituent un type tout spécial, au point de vue de leur composition minéralogique. Le cinabre, élément essentiel de la plupart des gîtes analogues, ne joue ici qu'un rôle accessoire. Le minéral principal est la Livingstonite, $HgS, 2Sb^2S^3$, présentant la composition suivante :

Soufre	22.1
Antimoine	53.1
Mercure	24.8
Total	100.0

On rencontre, dans le gîte, outre la Livingstonite, de la stibine en abondance, des produits d'altération dérivés des deux précédents minéraux, tels que la Valentinite, la Cervantite, la Kermésite, la Barcénite, dérivant de la Livingstonite et contenant 21 p. 100 de mercure avec 50 p. 100 d'antimoine, enfin du soufre natif et des matières bitumeuses en abondance.

De pareils minerais présentent des difficultés spéciales de traitement. Il semble, en effet, que la Livingstonite se grille plus difficilement que le cinabre et que, dans tous les cas, le sulfure de mercure, qui s'y trouve à l'état combiné, n'atteigne pas, à une température déterminée, une tension de vapeur aussi élevée qu'à l'état libre. L'épuisement complet des gros fragments de minerai est donc plus difficile à obtenir.

D'autre part, il se produit au cours du grillage une certaine quantité d'oxyde d'antimoine volatil qui va se déposer, avec le mercure, dans les chambres de condensation, comme l'acide arsénieux dans les usines des Asturies. La masse des suies à retraiter se trouve par suite notablement augmentée.

Enfin la proportion considérable de soufre que contient le minerai donne lieu à une formation active d'acide sulfurique et par suite à une destruction rapide des parois des chambres de condensation.

Ces difficultés diverses ne semblent pas avoir été résolues d'une manière tout à fait satisfaisante dans les trois usines métallurgiques, Guadulupe, Romero Rubio et Gambetta, que possède la Société de La Cruz y anexas. La méthode suivie consiste à faire passer tous les minerais au four à cuve, en agglomérant les menus et les suies à retraiter.

Cette agglomération se fait simplement par malaxage avec de l'eau, la proportion d'argile contenue dans les minerais étant suffisante pour donner par séchage des briquettes suffisamment solides. Malgré sa simplicité, l'opération est assez coûteuse et ne peut se pratiquer que pendant la saison des pluies, à cause de la rareté de l'eau dans le district d'Huitzuco.

Les fours à cuve employés sont généralement munis de chauffes latérales disposées pour brûler du bois. Un seul, de faible production, fonctionne comme four coulant simple, en consommant du charbon de bois de chêne; on lui reproche d'appauvrir trop souvent d'une manière insuffisante la partie centrale des fragments de minerai. Le tirage des divers fours est assuré au moyen d'un ventilateur Root pour chacun d'eux; on le règle facilement en faisant varier la vitesse de ce ventilateur.

Pour contrôler la marche d'un four, on vérifie, au moyen d'une plaque de cuivre, s'il ne reste pas de vapeurs mercurielles en proportion notable dans les gaz pris au pied de la cheminée. Ce procédé est encore plus imparfait que celui consistant à employer une feuille d'or.

Les essais sont faits sur 10 grammes de minerai, suivant une variante du procédé Eschka consistant à substituer au creuset de porcelaine un creuset de terre et au couvercle en or un couvercle en argent de coupelle. L'absorption du mercure est moins complète qu'avec le couvercle en or, ainsi qu'il résulte des chiffres suivants, donnés par M. Carlos

Sellerier dans sa notice — El Mineral de Huitzuco — pour les teneurs obtenues par des essais divers opérés sur un même minerai :

Essai	au creuset, avec couvercle en or	1,000
	au creuset, avec couvercle en argent	909
	à la cornue de verre	818

Toutes les évaluations de pertes au traitement émanant des usines de la Société de La Cruz y anexas sont donc trop faibles; on ne peut d'ailleurs les rectifier *a priori,* faute de pouvoir évaluer l'erreur inhérente au mode d'essai. En réalité, la perte paraît atteindre 20 à 25 p. 100 de la teneur, celle-ci étant de 0.6 à 0.9 p. 100 en moyenne.

Pour traiter les minerais sans agglomération préalable, on avait construit à l'usine de Guadalupe, il y a quelques années, un four du type Hütner et Scott, importé de New-Almaden. Ce four devait traiter 60 tonnes par vingt-quatre heures; il n'a fonctionné que peu de temps et n'a donné que de mauvais résultats. L'échec du système doit être attribué, paraît-il, à la construction défectueuse de l'appareil et surtout à la négligence du personnel chargé de le faire fonctionner.

La production annuelle des usines de la Société de La Cruz y anexas est d'une centaine de tonnes de mercure.

EXTRACTION DES MÉTAUX PRÉCIEUX.

L'extraction des métaux précieux constitue, dans l'ensemble de l'industrie métallurgique, une branche des plus intéressantes au double point de vue de son importance économique et de la variété des procédés qu'elle applique. Elle était représentée d'une manière fort insuffisante dans la Classe 64; les seules indications intéressantes que l'on pouvait rencontrer dans l'exposition de cette classe concernaient exclusivement les procédés de voie sèche. Rien ne faisait ressortir les progrès énormes apportés à l'extraction de l'or par voie humide, soit par cyanuration, soit par les variantes nouvelles du procédé de chloruration. Il en était de même pour la métallurgie de l'argent; rien ne donnait une idée du développement pris récemment par les procédés de lixiviation au moyen des solutions d'hyposulfites et de la substitution progressive de ces procédés aux anciennes formules d'amalgamation.

En ce qui concerne la voie sèche ou ses combinaisons avec les procédés de voie humide, les renseignements fournis par l'Exposition étaient encore bien incomplets. Il était à regretter, notamment, que la Boston and Colorado Smelting Company, dont l'usine, située à Argo, près Denver (Colorado), produit annuellement une quantité de métaux précieux représentant une valeur de près de 20 millions de francs, se fût bornée à exposer des échantillons des divers produits intermédiaires obtenus dans la série de ses opérations métallurgiques, sans y joindre une description complète de ces opérations mêmes. Il est vrai que les publications faites antérieurement permettent de combler cette lacune dans une certaine mesure.

Les usines de l'État hongrois à Alsó-Fernezely, Kapnikbánya, Selmeczbánya et Zalatna, étaient représentées à l'Exposition par quelques modèles et échantillons qui n'apportaient pas de renseignements nouveaux sur les formules adoptées. Ces formules, bien connues de tous les métallurgistes, consistent en grillages et fusions, soit pour mattes, soit pour plomb, suivant la composition des lits de fusion, avec extraction des métaux précieux, soit par coupellation simplement, soit par traitement des mattes au moyen de l'acide sulfurique obtenu avec les minerais à haute teneur en soufre. Il serait sans intérêt d'en donner ici une description détaillée.

L'Exposition fournissait quelques renseignements sur deux usines beaucoup moins connues, créées récemment pour la concentration des métaux précieux par fusion et situées dans la Colombie britannique, celle de Nelson, appartenant à la Société Hall Mines Limited, et celle de Trail, dite Canadian Smelting Works.

Les minerais complexes de la Colombie britannique ne supportent guère la concentration par lavage qui donnerait des pertes trop élevées sur la teneur en métaux précieux; ils doivent subir le traitement métallurgique après un simple triage à la main. On a fait, sans grand succès, quelques tentatives pour leur appliquer des procédés de voie humide, fondés généralement sur l'emploi des cyanures; les traitements de voie sèche sont restés seuls en usage.

Pendant les premières années du développement de l'industrie minière dans la région, tous les minerais extraits étaient expédiés aux fonderies des États-Unis, souvent fort éloignées des centres d'exploitation; l'élévation des frais de fusion et de transport limitait l'exploitation aux parties les plus riches des gîtes.

L'installation de fonderies locales, l'une à Nelson, l'autre à Trail (district de Rossland), a considérablement modifié cette situation. Autrefois la mine Silver King, située tout près de Nelson, ne pouvait extraire utilement que des minerais tenant au maximum 12 à 15 p. 100 de cuivre et 4 kilogrammes d'argent par tonne; aujourd'hui elle exploite avantageusement ceux tenant en moyenne 3 p. 100 de cuivre et 600 à 900 grammes d'argent, par suite de la création de l'usine de Nelson, appartenant à la même société (Hall Mines Limited).

Les deux fonderies de Nelson et de Trail font venir leur combustible du bassin de Crow's Nest Pass, situé sur la ligne de partage des eaux entre le Pacifique et l'Atlantique et desservi depuis peu de temps par une voie ferrée qui met les districts métallifères de la Colombie britannique en relation directe avec la côte orientale.

Le bassin de Crow's Nest Pass appartient, d'après Dawson, à la période crétacique; on y exploite actuellement, à Fernie, deux couches de 1 m. 80 à 2 mètres d'épaisseur dont la houille présente la composition moyenne suivante :

Matières volatiles	26.5	soufre 0.5 p. 100.
Carbone fixe	69.0	
Cendres	4.5	
Total	100.0	

Ce combustible donne un coke de bonne qualité, renfermant en moyenne 7.5 p. 100 de cendres peu siliceuses.

On emploie comme fondant, dans les deux usines, un calcaire assez pur, exploité sur la côte ouest du lac Kootenay, à une vingtaine de kilomètres au nord de Kaslo. Ce calcaire contient en moyenne 4 p. 100 de silice.

L'usine de Nelson emploie, en outre, pour le même usage, une magnétite renfermant 6 p. 100 de silice, 8 p. 100 de chaux et 70 p. 100 de protoxyde de fer.

La formule de traitement est assez différente dans les deux usines. Celle de Nelson, appartenant à la Compagnie Hall Mines Limited, était primitivement destinée à traiter exclusivement les minerais de la mine Silver King, qui tiennent en moyenne :

	p. 100.		p. 100.
Silice	37	Protoxyde de manganèse	10
Chaux	8	Cuivre	3
Magnésie	6	Soufre	3.3
Protoxyde de fer	10		

Ils sont fondus, sans grillage préalable, mais avec addition de calcaire, dans un water-jacket rectangulaire à creuset amovible. La matte produite tient en moyenne

48 p. 100 de cuivre, avec 10 kilogrammes d'argent et 15 grammes d'or par tonne. Les scories ont la composition suivante :

	p. 100.
SiO^2	42.0
$FeO + MnO$	23.0
$CaO + MgO$	15.0
Al^2O^3	10.0
Cu	0.3
Argent	37 gr. 0 par tonne.

La matte est ordinairement divisée en deux parties égales : l'une est grillée à mort dans un réverbère spécial, puis est fondue au réverbère avec l'autre partie laissée à l'état cru. On obtient ainsi une matte blanche tenant 70 p. 100 de cuivre, avec 14 kilogrammes d'argent et 34 grammes d'or par tonne.

Ce produit intermédiaire est concentré au réverbère en vue d'obtenir un cuivre noir tenant 98 p. 100 de cuivre. Ce cuivre noir, coulé en anodes, est envoyé à la Balbach Smelting and Refining Company, de Newark (New-Jersey), pour y être soumis à l'électrolyse.

La quantité de cuivre noir obtenue est en moyenne de 15 tonnes par vingt-quatre heures.

L'usine de Nelson traite aujourd'hui, dans des campagnes spéciales, une certaine quantité de minerais de plomb provenant surtout du district de Slocan. La scorie du four à cuve est plus basique dans ce cas que dans celui de la fonte pour matte cuivreuse; elle présente souvent la composition moyenne suivante :

	p. 100.
SiO^2	34
$FeO + MnO$	30
$MgO + CaO$	20
ZnO	5
Pb	0.2
Ag, par tonne	30 grammes.

D'autres fois, la teneur en zinc atteint 10 p. 100 et les proportions de silice et de chaux se trouvent réduites dans une certaine mesure.

On obtient, avec la scorie ci-dessus, du plomb d'œuvre à 3,400 grammes d'argent et 150 grammes d'or par tonne, avec une matte contenant 8 p. 100 de plomb, 10 p. 100 de cuivre et 900 grammes d'argent par tonne.

La fonderie de Trail (Canadian Smelting Works) a été installée, en 1896, à Trail, ville située au confluent des rivières Columbia et Trail Creek, dans le district de Rossland (Colombie britannique).

Les minerais de ce district se composent principalement de pyrrhotite aurifère et de chalkopyrite, avec un peu de mispickel parfois; la fonderie de Trail est alimentée normalement par les mines War Eagle, Centre Star et Iron Mask. Autrefois, elle rece-

vait en outre la production de la mine Le Roi, la plus importante du district, mais cette mine a créé récemment une usine de l'autre côté de la frontière, dans l'État de Washington, pour le traitement de ses minerais.

La méthode employée consiste à griller les minerais en tas, puis à les fondre pour matte au four à cuve et à les concentrer ensuite au réverbère.

Le grillage se pratiquait à l'origine : 1° dans un four O'Hara, avec deux soles superposées de 2 m. 70 de largeur et de 27 mètres de longueur, chauffées au moyen de dix foyers alimentés au bois et pouvant passer 50 tonnes par jour; 2° dans six fours circulaires tournants à soles étagées.

On a renoncé aujourd'hui à l'emploi de cet outillage compliqué pour revenir au grillage en tas.

Les fours à cuve employés pour la production de la matte sont des water-jackets rectangulaires, pouvant passer par vingt-quatre heures jusqu'à 200 tonnes de minerai grillé. La matte obtenue est grenaillée, grillée au réverbère, puis agglomérée en briquettes et refondue au réverbère. On obtient ainsi une matte concentrée tenant, par exemple, 68.3 p. 100 de cuivre avec 1,220 grammes d'argent et 710 grammes d'or par tonne. Il semble que l'usine ait pris le parti de vendre ce produit sans le concentrer davantage.

Les usines de Nelson (Hall Mines Smelter) et de Trail (Canadian Smelting Works) ont obtenu l'une et l'autre une médaille d'argent.

Faute d'indications précises, le Jury n'a pu attribuer aucune récompense à la Van Anda Copper and Gold Company Limited, qui exploite, dans l'île Texada (district de Nanaimo, près Vancouver), des filons contenant de la chalcopyrite et de la bornite, à la fois argentifères et aurifères, et qui les traite sur place par voie sèche pour obtenir du cuivre brut. Cette société s'était bornée à envoyer des échantillons de cuivre et de matte, sans aucun renseignement sur l'importance de sa production, ainsi que la nature des procédés qu'elle emploie,

La Société des mines de Zyrianowsk (district de l'Altaï [Russie]) produit annuellement 80 kilogrammes d'or, 4,800 kilogrammes d'argent et 120 tonnes environ de cuivre. Elle avait fourni peu de renseignements sur la formule métallurgique qu'elle applique, formule consistant à obtenir par voie sèche du cuivre brut d'où l'on extrait ensuite les métaux précieux par voie électrolytique. Les minerais non cuivreux sont traités par chloruration.

La Société de Zyrianowsk a obtenu une médaille d'argent.

Dans une catégorie distincte nous devons mentionner l'usine expérimentale établie à Mexico par MM. Heckelmann et Mac Cann. Cette usine rend de grands services aux exploitants de métaux précieux, en leur permettant de se rendre compte, par des essais opérés sur une assez grande échelle, des résultats qu'ils peuvent obtenir par l'application de divers procédés de traitement aux minerais qu'ils exploitent.

Cette usine a obtenu une mention honorable dans la Classe 64.

TRAITEMENT DES CENDRES D'ORFÈVRES.

Le traitement des cendres d'orfèvres, en vue d'en extraire les métaux précieux qui y sont contenus, constitue une série de véritables opérations métallurgiques, exécutées en petit, dans des conditions toutes spéciales.

La Société E. Gilbert et Cie (désignée souvent sous le nom de Société des cendres), 39, rue des Francs-Bourgeois, à Paris, s'occupe tout particulièrement de ce traitement. C'est une société en commandite par actions, au capital de 200,000 francs, fondée par un certain nombre de bijoutiers et d'orfèvres, en vue de traiter dans les meilleures conditions possibles les résidus de leur fabrication, tels que balayures d'atelier, débris de creusets, etc.

Les résidus contenant des matières organiques sont d'abord incinérés au réverbère, jusqu'à destruction complète de ces matières. Ils sont ensuite traités ou bien à façon, en présence des clients qui les ont fournis, ou bien à forfait, c'est-à-dire broyés et essayés comme un minerai, et payés aux intéressés sur la base de la teneur indiquée par l'essai.

Dans ce deuxième cas, pour obtenir une prise d'essai suffisamment homogène, on broie les matières assez finement pour les faire passer complètement à travers un tamis n° 70. C'est cette manière de procéder qui tend à devenir courante ; elle permet d'obtenir, par le mélange de lots très divers, une teneur suffisamment régulière pour l'ensemble des matières traitées; elle évite en outre l'occupation prolongée des appareils par des quantités relativement faibles de matières, inconvénient inévitable du système ayant pour base le traitement de lots indépendants à façon.

Quand, par exception, on applique cette deuxième formule, on se contente de passer les matières au tamis n° 16 au lieu du n° 70. Le refus est lavé à la sébile et donne ainsi une certaine quantité de parcelles métalliques qu'on peut refondre directement.

Les résidus de lavage et les matières fines sont broyés avec du mercure pendant quarante-huit heures dans des cuves en fonte, sur le fond desquelles roulent des hélices également en fonte qui achèvent le broyage et facilitent l'amalgamation. Les matières sont évacuées par un orifice placé à la partie inférieure de la cuve : elles sont reçues dans un récipient en fer, placé lui-même dans une cuve en bois. L'amalgame se réunit dans le récipient; il donne, par distillation, un résidu qui est fondu en lingots.

Les appareils d'amalgamation et de distillation peuvent être mis sous scellés, afin de donner toutes garanties aux clients faisant travailler à façon.

Les résidus retiennent 35 à 40 p. 100 de l'argent et 20 à 30 p. 100 de l'or contenus dans les cendres. On les laisse déposer et on les sèche à l'essoreuse, ce qui laisse encore dans la masse de 15 à 20 p. 100 d'eau. Leur composition est assez régulière pour qu'on puisse déterminer exactement leur teneur moyenne et les vendre sur bulletin d'essai.

Les cendres d'orfèvre tiennent parfois une quantité assez importante de platine. Quand la proportion de ce métal dépasse 600 grammes par tonne, on l'extrait par amalgamation, après avoir soumis les cendres à un grillage chlorurant d'abord, réducteur ensuite. Ce traitement, appliqué depuis l'année 1899, permet de récupérer 80 à 90 p. 100 du platine contenu et en même temps d'augmenter de 10 à 12 p. 100 le rendement en or.

L'établissement traite annuellement une centaine de tonnes de cendres, représentant une valeur de 450,000 à 500,000 francs.

L'atelier de fonderie, accessoire indispensable du traitement décrit ci-dessus, a été développé de manière à pouvoir refondre les limailles, rognures et déchets de toutes les industries employant les métaux précieux. La valeur des métaux qui passent annuellement dans cet atelier est de 25 à 30 millions de francs. Les creusets employés doivent être remis, à l'état de débris, aux industriels qui ont livré des déchets à refondre; ce sont des creusets en terre de Picardie, pouvant contenir environ 30 kilogrammes d'argent; on les réchauffe méthodiquement, au moyen de flammes perdues, avant de les placer dans le four.

Depuis 1898, cet atelier a été complété par l'installation d'un appareil de fusion du platine au chalumeau oxyhydrique.

Le laboratoire d'essai, très largement organisé, fait annuellement 5,000 essais de lingots et 1,800 à 2,000 essais de cendres.

La Société E. Gilbert et Cie a obtenu une médaille d'argent.

ÉLABORATION PRÉPARATOIRE DES MÉTAUX PRÉCIEUX.

L'affinage des métaux précieux et l'élaboration préliminaire de ces métaux sous une forme facilitant le travail de l'orfèvre constituent une industrie spéciale placée sur les confins des Classes 64 et 65.

Un des établissements qui la pratiquent, le Comptoir Lyon-Alemand, 13, rue de Montmorency, à Paris, avait présenté dans la Classe 64 une exposition importante. Il est exploité par une société anonyme qui a succédé à l'ancienne maison Lyon-Alemand et en a conservé le nom.

Ses opérations sont extrêmement variées, puisqu'elles comprennent l'affinage des métaux précieux, y compris le platine, la fabrication d'alliages de compositions très variées, le laminage en feuilles ou en barres, le tréfilage des fils d'argent, d'argent doré ou d'argent faux, pour passementeries et même certaines fabrications de produits finis, notamment celle d'une chaîne, dite colonne, obtenue mécaniquement et dont la production atteint un chiffre de 350,000 mètres par an.

Parmi les objets intéressants qui figuraient dans son exposition, on doit signaler les feuilles de plaqué d'argent sur cuivre, de dimensions exceptionnelles, servant à la construction des grands appareils de pasteurisation.

Il convient de signaler également l'application de l'électrolyse, sous une densité de courant de 80 ampères au mètre carré, à l'affinage des cuivres contenant des métaux précieux.

La valeur des métaux affinés annuellement par le Comptoir, tant pour son compte que pour des tiers, est d'environ 128 millions de francs; celle de ses opérations de vente est de 112 millions.

Cet important établissement pratique également le traitement des cendres d'orfèvre; il a obtenu une médaille d'or du Jury de la Classe 64.

Dans la section russe de la Classe 64, la maison Pitchonguine-Matvéef et fils, de Moscou, avait exposé une série de feuilles d'or et d'argent laminées, destinées à subir ensuite le travail de battage.

Elle a obtenu une médaille de bronze dans la Classe 64, de même que dans la Classe 65.

OUTILLAGE DES USINES MÉTALLURGIQUES.

La méthode suivie jusqu'ici pour l'exposé des procédés usités pour l'extraction et l'élaboration initiale des divers métaux ne nous a pas permis d'intercaler dans cet exposé les indications relatives aux appareils ou aux procédés intéressant indistinctement toutes les usines métallurgiques.

Nous terminerons donc ce travail, par l'étude de l'outillage métallurgique, des appareils servant à la gazéification des combustibles, des produits réfractaires, etc., sans revenir sur les descriptions faites, dans les chapitres précédents, de certains appareils appropriés spécialement à l'exécution d'une opération déterminée.

Broyeurs. — Les broyeurs constituent une catégorie d'engins d'usage général sur laquelle l'imagination des inventeurs se donne volontiers carrière, sans grand succès dans la plupart des cas.

M. Cléro (Albert), constructeur à Nantes, a présenté un appareil qui ne diffère pas sensiblement, en principe, des broyeurs Chapitel, Weidknecht, etc. La pulvérisation s'y opère par le choc de six marteaux, présentant la forme d'étriers rectangulaires articulés à leurs extrémités sur deux disques montés eux-mêmes sur un arbre tournant. Au-dessous de ce système se trouve un tamis en forme de demi-cylindre, à travers lequel passent les particules suffisamment fines. Au-dessus se trouvent d'abord un entonnoir d'alimentation, puis, dans le sens du mouvement, deux plaques verticales, en acier, formant ressauts sur la paroi interne de l'enveloppe. L'arbre portant les marteaux-étriers tourne à une vitesse d'un millier de tours par minute. Les matières introduites par l'entonnoir rencontrent un des marteaux qui les projette contre les plaques fixes; elles retombent vers la partie centrale de l'appareil, rencontrent un autre marteau et sont lancées à nouveau vers la partie supérieure. Elles se concassent progressivement sous l'action des chocs qu'elles subissent.

Cet appareil absorberait une puissance motrice de 3 à 5 chevaux, suivant la dureté des matières à broyer et la finesse de grain qu'on veut obtenir. Les indications données sur les résultats obtenus sont assez vagues et dans tous les cas insuffisantes pour faire ressortir une supériorité réelle sur les nombreux types analogues.

M. Cléro a obtenu une mention honorable.

L'exposition de M. Thivet-Hanctin, fondeur à Saint-Denis, comprenait les types créés depuis un certain temps déjà par la maison Hanctin pour la préparation des sables et noirs de fonderie, c'est-à-dire les broyeurs mélangeurs à meules cannelées, les machines à frotter les sables, caractérisées per l'emploi de cages sphériques roulantes et le broyeur pulvérisateur à boulets guidés, pour préparation du noir. Ces appareils ont reçu des perfectionnements de détail destinés à faciliter leur entretien ou à éviter les avaries. M. Thivet-Hanctin exposait également un broyeur à boulets libres, où la surface exté-

rieure du tambour renfermant les boulets est formée par des plaques d'acier non jointives, munies chacune d'une nervure provoquant le brassage des matières. Celles-ci, une fois broyées, passent d'abord entre les intervalles des plaques d'enveloppe, puis à travers un tamis assez grossier, avant d'arriver au tamis fin qui se trouve ainsi protégé contre l'action des fragments d'un certain volume. Toutes les parties sujettes à l'usure sont exécutées en fonte dure et disposées de manière à pouvoir être remplacées très rapidement. Une médaille de bronze a été accordée à M. Thivet-Hanctin pour cet appareil.

Le broyeur pulvérisateur et tamiseur, à force centrifuge, exposé par M. Octave Roux, à Rouvroy-sur-Marne, par Donjeux (Haute-Marne), semble convenir particulièrement au broyage de matières de dureté moyenne. Son mode d'action rappelle celui des broyeurs à cylindres, bien que ses dispositions générales soient très différentes. La partie mobile de cet appareil se compose d'un arbre horizontal portant un croisillon en acier, qui conduit, par l'intermédiaire de forts boulons en fer parallèles à l'arbre, des anneaux en acier, engagés sur ces boulons avec un jeu considérable. La partie dormante est constituée par un grand anneau en acier ayant la même largeur, suivant l'axe de l'appareil, que les anneaux mobiles. Tout le système est enveloppé dans un tambour de fonte dont la partie inférieure présente une concavité destinée à ramener constamment, sur la surface intérieure du grand anneau, la matière à broyer qui a été introduite par un orifice supérieur.

Les parois latérales du tambour sont en fonte, mais l'intervalle restant libre de chaque côté de la partie mobile est divisé en deux parties par une toile métallique parallèle aux faces latérales. Des palettes, calées sur la partie tournante, projettent périodiquement sur les toiles métalliques la matière partiellement broyée, de manière à en provoquer le tamisage à travers ces toiles.

A faible vitesse, les petits anneaux ne roulent sur la surface intérieure du grand anneau que vers les génératrices inférieures de cette surface; leur jeu sur les boulons du croisillon étant considérable, ils sont suspendus à ces boulons pendant la plus grande partie de chaque tour. Mais lorsque la vitesse de rotation s'accroît, les petits anneaux s'appliquent sur le grand pendant une fraction de plus en plus grande du tour complet et exercent sur sa surface intérieure une pression croissante, qui provoque le broyage de la matière par laminage. On peut, en faisant varier la vitesse de rotation, régler l'effet obtenu.

M. Octave Roux a obtenu une mention honorable.

Petit outillage de fonderie. — La fonderie fait usage d'outils fort variés pour l'exécution des travaux compliqués de moulage. M. Wagner-Schneider, à Thurgovie (Suisse), en avait exposé une série complète et intéressante qui lui a valu une médaille de bronze.

Pour le nettoyage des moulages, l'emploi des brosses métalliques est encore très fréquent, malgré les innovations qu'on a apportées récemment en pareille matière,

telles que l'emploi du jet de sable. M. Astorgis, 80-82, rue du Chemin-Vert, à Paris, fabrique ces brosses par un procédé mécanique breveté, de son invention, qui leur assure une solidité supérieure à celle des brosses fabriquées à la main. Ses produits lui ont mérité une mention honorable.

Grilles de foyers. — M. Hepner, fondeur à Valenciennes, exposait des modèles variés de grilles pour foyers de chaudières. Ceux de ces modèles qui sont destinés à assurer la combustion de menus non collants présentent un certain intérêt : leurs barreaux, amincis à la partie inférieure, sont munis, en haut, d'expansions dont la section supérieure, horizontale et formant la surface de grille, présente des formes carrées, en losange, sinusoïdales, etc.; ces expansions s'enchevêtrent entre elles, une fois les barreaux mis en plan, de manière à ne laisser, pour l'admission de l'air, que des fentes étroites, de tracé variable, suivant le type adopté. Les grilles de M. Hepner sont faites avec une fonte blanche, très dure, qui paraît être obtenue par la fusion d'un mélange de fonte grise et de riblons d'acier. M. Hepner a obtenu une mention honorable.

Chaudières. — Les chaudières constituent un élément fort important des usines métallurgiques. Suivant qu'elles sont chauffées au charbon, au gaz ou par les flammes perdues, elles doivent satisfaire à des conditions assez différentes; d'autre part, les circonstances spéciales de fonctionnement des machines qu'elles doivent alimenter peuvent imposer, jusqu'à un certain point, le choix d'un type déterminé.

Lorsque le chauffage doit être effectué au charbon ou au gaz, on a relativement une grande latitude dans le choix du type. Les conditions d'emplacement ne sont généralement pas très assujettissantes en pareil cas; on n'a donc guère à se préoccuper que de concilier l'économie de premier établissement avec un rendement thermique suffisamment élevé. L'emploi, comme combustible, du gaz de hauts fourneaux exige seulement des dispositions spéciales permettant un nettoyage facile des carneaux. Le type dit semi-tubulaire, à bouilleurs, comportant la circulation des flammes sous les bouilleurs d'abord, puis sous le corps cylindrique principal et enfin à travers les tubes qui remplissent ce corps cylindrique, paraît donner satisfaction aux divers desiderata indiqués ci-dessus. Il convient seulement, dans le cas du chauffage au gaz, d'obtenir une combustion préalablement bien complète en annexant à la chaudière un brûleur en briques réfractaires, d'une masse et d'une capacité suffisantes.

Le choix d'un type de chaudière approprié à l'utilisation des flammes perdues, provenant soit de fours à coke, soit de foyers métallurgiques, est une question beaucoup plus délicate. L'appareil doit, en général, occuper peu de place, mais il doit avant tout présenter le minimum de danger pour le personnel de l'usine. Cette dernière considération est de nature à faire exclure les chaudières verticales, fort usitées autrefois; elle peut être invoquée, dans une certaine mesure, contre les chaudières semi-tubulaires à bouilleurs, bien que les risques de détérioration des tôles par un coup de feu y soient beaucoup moindres. Ce dernier type présente d'ailleurs le défaut

d'être encombrant s'il est placé au niveau du sol d'usine et relativement coûteux comme installation s'il est établi au-dessus du four dont on veut utiliser les flammes perdues. Le maximum de sécurité est obtenu avec les chaudières aquatubulaires, à petits éléments, dont la chaudière Belleville est le type le plus ancien et le plus généralement répandu.

C'est à ce point de vue que la maison Delaunay-Belleville et Cie avait exposé dans la Classe 64 un générateur Belleville (type C, n° 10, sans économiseur), un modèle au dixième montrant l'installation du même générateur sur une batterie de fours à coke et un cheval alimentaire Belleville, type vertical.

Nous n'avons pas à insister ici sur les dispositions caractéristiques de la chaudière Belleville et sur les ingénieux organes accessoires qui y ont été adjoints progressivement, de manière à former un ensemble complet et parfaitement étudié dans ses détails. Au point de vue spécial de l'utilisation des flammes perdues, ces chaudières présentent le double avantage de n'opposer au tirage qu'une résistance très faible, estimée à 3 millimètres d'eau dans les conditions normales d'installation et de n'exposer à aucun risque d'explosion grave. Pour éviter les accidents que peuvent causer les ruptures de tubes ou autres avaries secondaires, le type 1896 a été muni de trappes d'expansion ménagées dans la couverture du générateur; la fermeture des portes de nettoyage a été consolidée au moyen d'une barre de sûreté; enfin, les portes du foyer et du cendrier, si l'installation en comporte, ont été disposées de manière à se fermer spontanément sous l'action d'une poussée intérieure.

On a souvent reproché aux générateurs à petits éléments, d'un type quelconque, leur peu d'aptitude à fournir, à un moment donné, un débit de vapeur dépassant notablement leur production normale. C'est une conséquence de la réduction de la quantité d'eau accumulée sous pression dans l'appareil et par suite de la quantité d'énergie disponible. En diminuant cette quantité, on améliore les conditions de sécurité, mais on ôte aux chaudières la faculté de fournir facilement, par intermittences, un débit de vapeur considérable. En vue de leur restituer cette faculté, la maison Delaunay-Belleville et Cie a proposé l'installation d'accumulateurs d'eau sous pression, sans chauffage extérieur, mais entourés d'une enveloppe calorifuge assez épaisse pour atténuer beaucoup les déperditions de chaleur. Un réservoir ainsi établi et mis en communication avec une batterie de chaudières condense rapidement une certaine quantité d'eau dont la température et, par suite, la tension sont un peu inférieures à celles que l'on observerait à l'intérieur des générateurs, mais qui accumule cependant une quantité d'énergie suffisante pour faire face à des variations considérables de débit. Il semble qu'aucune application de ce système n'ait été faite jusqu'ici dans les usines métallurgiques, mais on en rencontre plusieurs dans les usines desservant des services de traction, dont les conditions de fonctionnement sont un peu analogues; les résultats obtenus ont été satisfaisants.

Les hautes fonctions exercées par M. Delaunay-Belleville dans l'administration de l'Exposition mettaient ses établissements hors concours.

Les fils de Christophe Munier, à Frouard, avaient fait figurer, dans leur exposition, déjà mentionnée à plusieurs reprises, un modèle de chaudière système Lagosse, comportant un faisceau de petits tubes et deux bouilleurs; ils y avaient joint des dessins représentant les conditions d'adaptation de ce système de chaudière à l'utilisation des flammes perdues d'un four à puddler et au chauffage par les gaz de hauts fourneaux. Avec la première combinaison, on aurait obtenu, d'après des essais faits dans l'usine de MM. Gouvy et Cie, à Dieulouard, une vaporisation de 15 kilogr. 36 d'eau par mètre carré de surface de chauffe et de 4 kilogr. 39 par kilogramme de houille brûlée sur la grille du four à puddler.

Avec le chauffage direct, on pourrait vaporiser jusqu'à 22 à 24 kilogrammes d'eau par mètre carré de surface de chauffe.

Marteaux-pilons. — Nous avons donné, à l'occasion des travaux de grosse forge, des indications sur les dispositions adoptées pour l'installation de divers marteaux-pilons de puissance exceptionnelle. La construction des marteaux-pilons de moindre importance constitue une branche spéciale d'industrie dont les représentants principaux, figurant à l'Exposition, étaient, pour la France, Magnard et Cie, à Fourchambault et, pour l'Allemagne, Breuer, Schumacher et Cie.

La disposition la plus usitée est celle consistant à faire supporter le cylindre à vapeur par deux montants symétriques, convenablement infléchis vers leur base, de manière à faciliter les déplacements angulaires de la pièce à forger : c'est celle qu'emploie couramment la maison Magnard et Cie. La maison Breuer, Schumacher et Cie préfère, au contraire, employer un montant unique, supportant le cylindre en porte-à-faux et établi lui-même sur une grande plaque de fondation sur laquelle repose la chabotte. Les pannes de l'enclume et du marteau sont orientées à 45 degrés sur le plan de symétrie de l'appareil, de manière à donner, pour le forgeage dans les deux sens, des facilités qui sont augmentées d'ailleurs par la disposition en porte-à-faux. La maison Breuer, Schumacher et Cie n'hésite pas à recommander cette disposition jusqu'à un poids de 11 tonnes pour le marteau.

Cisailles. — Parmi les appareils accessoires de la sidérurgie qui ont subi, à une époque relativement récente, les transformations les plus importantes, on peut citer les cisailles. Pendant longtemps ces appareils ont été actionnés exclusivement au moyen d'engrenages, excentriques, leviers et autres transmissions rigides qui donnaient lieu fréquemment à des ruptures lorsque la résistance de la pièce à sectionner dépassait les limites prévues. La variation de la course de la lame tranchante s'obtenait assez difficilement; enfin le guidage des pièces de fort équarrissage exigeait des dispositions relativement compliquées, surtout quand ces pièces devaient être coupées à chaud, comme c'est souvent le cas aujourd'hui.

En 1885, la maison Breuer, Schumacher et Cie, de Kalk (près Cologne), introduisit dans la construction des grosses cisailles la commande directe par un piston hydraulique, actionné lui-même par un piston différentiel à vapeur. Ce principe, appliqué

plus tard par la même maison à la construction des presses à forger, dans des conditions que nous avons déjà exposées, permit de réaliser facilement le cisaillement à chaud des plus gros blooms que produisent actuellement les aciéries, sans risques d'avaries en cas de refroidissement accidentel, et dans des conditions bien plus économiques qu'avec les anciens appareils.

Ce type de cisailles, avec piston vertical ou horizontal, suivant les cas, est construit aujourd'hui par un certain nombre d'usines; des spécimens divers en étaient exposés, sous la forme de dessins, non seulement par la maison Breuer, Schumacher et Cie, mais aussi par d'autres établissements de construction, notamment par la Duisburger Maschinenbau Actien Gesellschaft, dont l'exposition se trouvait dans la Classe 29. Il en est autrement de la cisaille à poutrelles que la maison Breuer, Schumacher et Cie avait fait figurer dans son exposition. Cet appareil, construit d'après un brevet de M. Adolphe Klostermann, a pour objet le sectionnement à froid, suivant une surface bien plane et normale aux génératrices, de tous les profilés symétriques. Pour couper ces profilés à longueur, on avait parfois recours au sciage à froid, mais ce procédé était lent et exigeait une puissance motrice assez considérable. D'autres fois, on opérait au burin, méthode qui avait l'inconvénient de faire beaucoup de bruit et de donner une section peu régulière, qu'il fallait parfois dresser ensuite à la lime. L'appareil Klostermann donne au contraire, d'un seul coup, par une combinaison de poinçonnage et de cisaillage, une coupe unie, suivant une section normale.

Cet appareil est une presse hydraulique verticale, à piston inférieur supportant une traverse guidée par les quatre grands boulons qui relient les deux sommiers extrêmes. Les lames servant à opérer le cisaillement sont au nombre de trois : l'une est fixée au sommier supérieur de la machine; les deux autres, entre lesquelles doit s'intercaler la précédente, sont supportées par la traverse mobile. Celles-ci ont le même profil que la barre à couper; elles doivent donc être changées toutes les fois que ce profil est modifié. Pour faciliter le changement, on les a fixées au moyen de boulons glissant dans des rainures verticales ménagées dans des porte-lames fixes; il suffit donc, pour les enlever, de les soulever verticalement après avoir desserré l'écrou de serrage; le remplacement se fait par une manœuvre inverse.

Le profil de la lame médiane, fixée au sommier supérieur, est un élément caractérisque de la cisaille Klostermann : il est formé de deux parties symétriques, comprenant chacune une ligne médiane horizontale, assez courte, raccordée par deux verticales avec deux droites symétriquement inclinées.

Pour opérer le cisaillage, on place la poutrelle sur les deux lames profilées que supporte la traverse mobile, puis on la fixe en la serrant latéralement au moyen de deux pièces coulissant à l'intérieur de cette traverse et actionnées par deux vis horizontales. On donne alors la pression hydraulique sous le piston; la poutrelle, soulevée avec la traverse, rencontre d'abord les deux parties saillantes de la lame supérieure, qui lui font subir un véritable poinçonnage; les quatre parties inclinées de cette lame entrent ensuite en action et cisaillent le reste de l'âme d'abord, puis les ailes de la poutrelle. L'effort à développer est

IMPRIMERIE NATIONALE.

à peu près uniforme, la section est bien nette et le profil ne subit pas de déformation appréciable.

Le développement de la pression hydraulique nécessaire au cisaillement peut, en principe, être assuré d'une manière quelconque; en fait, il l'est au moyen de deux pompes de section inégale, montées sur le côté du cylindre hydraulique. La plus grosse de ces pompes sert au remplissage du cylindre jusqu'à la mise en contact du profilé avec la lame supérieure; on lui substitue la petite pompe à partir du moment où le cisaillement commence. L'effort maximum correspond à une pression de 120 à 130 kilogrammes par centimètre carré sur le piston. Les pompes sont actionnées soit à la main, soit mécaniquement par l'intermédiaire d'une courroie.

Une fois le cisaillement opéré, on ouvre un robinet qui laisse écouler l'eau, sous l'action du poids du piston et de la traverse, dans un réservoir latéral où les pompes la reprennent ensuite. La cisaille Klostermann ne fait presque pas de bruit; elle peut être montée sur roues et employée sur les chantiers de construction.

Scies. — M. Paul Hug, 37, rue de Lyon, à Paris, s'occupe de la fabrication de l'outillage en acier laminé et forgé, et plus spécialement de celle des scies de toute nature. Dans cette dernière branche, les pièces les plus difficiles à réussir sont les scies à métaux; la maison Hug arrive à obtenir de bons résultats jusqu'au diamètre de 1 mètre, sur 0 m. 008 d'épaisseur, pour les scies circulaires et jusqu'à 13 m. 50 de longueur avec 0 m. 05 à 0 m. 08 de largeur pour les scies-rubans. Elle exposait des échantillons de ces dimensions maxima qu'elle pourrait dépasser si le besoin s'en faisait sentir. Une autre fabrication intéressant la métallurgie est celle des grandes lames de cisailles; un des échantillons exposés avait 3 m. 665 de longueur, 0 m. 09 de largeur et 0 m. 045 d'épaisseur; il devait être monté sur une cisaille destinée à couper sur une longueur de 3 m. 50 des tôles de 0 m. 040 d'épaisseur.

La maison Hug s'occupe d'une autre spécialité qui n'intéresse pas précisément la métallurgie, mais qu'on ne peut guère néanmoins séparer des précédentes; c'est celle des scies à diamants pour débiter les pierres de taille. Ces scies sont des disques d'acier dur, d'une résistance de 65 kilogrammes au minimum, non trempé, d'épaisseur rigoureusement uniforme et portant sur leur pourtour une série d'entailles recevant chacune une pièce spéciale où est inséré un diamant de structure compacte. Un spécimen de cette fabrication, figurant à l'Exposition, avait 3 mètres de diamètre et une épaisseur de 0 m. 0118, obtenue à un vingtième de millimètre près. Une pareille scie, tournant à 500 tours, peut entamer une roche dure, à raison de 0 m. 15 par minute. M. Paul Hug a obtenu une médaille d'or.

Appareils de manutention. — Un des progrès les plus importants réalisés depuis une dizaine d'années dans les usines métallurgiques consiste dans l'emploi des appareils électriques de manutention, notamment des ponts roulants que l'on tend à substituer à tous les appareils usités jusqu'ici pour la manœuvre des lingots, des grosses pièces ou même des poches de coulée pour fonte ou pour acier.

M. Jules Le Blanc, 32, rue du Rendez-Vous, à Paris, exposait une série de dessins d'appareils divers de manutention électrique qu'il a construits pour diverses usines métallurgiques. Parmi ces appareils, on peut citer, par exemple, des ponts roulants de 6, 10 et 30 tonnes livrés à MM. Schneider et Cie pour leurs ateliers du Havre, une grue électrique de 6 tonnes, avec 5 m. 20 de portée, des monte-charges de 1,500 et de 6,000 kilogrammes, pour des hauteurs de 7 mètres à 35 mètres, enfin l'aménagement d'un plan incliné élevant des charges de 6 tonnes à 17 m. 35 de hauteur, sur une pente de 38 degrés. La grue de 30 tonnes, exposée par la même maison dans la galerie des machines motrices, n'intéressait qu'indirectement l'industrie métallurgique.

Dans la section allemande, la Duisburger Maschinenbau Actien Gesellschaft exposait la photographie d'une grue-derrick à vapeur, à portée variable, pouvant développer un effort de 100 tonnes pour une portée de 20 mètres et de 30 tonnes pour une portée de 32 m. 50; elle exposait également celles d'un grand nombre de grues et de ponts roulants électriques de sa construction.

Machines d'essai. — Les appareils destinés à effectuer sur les métaux divers des essais de résistance ou de dureté font partie de l'outillage des usines métallurgiques et peuvent, jusqu'à un certain point, être considérés comme se rattachant au présent chapitre. On en rencontrait quelques spécimens dans les diverses sections de la Classe 64; nous mentionnerons seulement ceux de ces appareils ayant pour objet la détermination de la dureté.

La dureté est un coefficient physique dont il est assez difficile de donner une définition précise et, *a fortiori,* une expression numérique. C'est ce dernier élément, cependant, que doivent fournir deux appareils exposés, l'un dans la section russe, par M. Pelymski, l'autre dans la section suédoise, par M. Brinell, ingénieur en chef des usines de Fagersta. Leurs inventeurs ont cherché l'un et l'autre à mesurer la résistance opposée par une substance déterminée à la pénétration d'une pièce, toujours identique, formée d'une substance assez dure pour ne pas se déformer sensiblement sous l'effort maximum exercé. Ce point de départ une fois admis, la méthode de mesure la plus rationnelle aurait consisté à déterminer l'effort nécessaire pour obtenir une pénétration déterminée; on aurait réduit ainsi au minimum les erreurs dues aux variations de la compressibilité du corps essayé sous l'influence de la compression elle-même. Mais cette méthode était d'une application difficile; aussi les deux inventeurs ont-ils préféré recourir à la mesure de l'impression produite, sous un effort constant, par le corps très dur servant d'élément de comparaison.

Dans la plupart des essais par pénétration exécutés antérieurement, on avait donné à ce corps dur une forme conique. C'est ce qu'a fait M. Pelymski, qui emploie un poinçon en acier chromé et le fait pénétrer dans le corps à essayer au moyen de la détente d'un ressort auquel on a donné préalablement une tension constante. Au lieu d'avoir recours à un ressort dont la rigidité peut varier, il aurait mieux valu se servir d'un poids tombant d'une hauteur uniforme, mais ce système aurait obligé à placer la

surface à essayer dans une position horizontale ainsi qu'à augmenter la masse et l'encombrement de l'appareil. Avec la disposition adoptée par M. Pelymski, cet appareil mesure seulement 0 m. 180 de hauteur sur 0 m. 100 de largeur et 0 m. 040 d'épaisseur; il ne pèse que 1,200 grammes. Pour obvier à l'inconvénient qui vient d'être signalé, on contrôle de temps en temps la rigidité du ressort en essayant la dureté d'un métal de composition bien uniforme.

L'élément que l'on mesure est la profondeur de pénétration du poinçon sous un choc d'intensité constante; il est donné par un cadran porté par l'appareil. Une détermination ainsi effectuée ne peut guère donner autre chose qu'un contrôle empirique de la constance des propriétés d'un métal ou d'un alliage déterminé.

M. Pelymski a obtenu les chiffres suivants pour les pénétrations relatives, relevées au moyen de son appareil sur les corps suivants :

Plomb doux	100	Laiton laminé	33
Alliage de 80 de plomb et 20 d'antimoine	59	Tôle à chaudière (très douce)	30
Babbitts-métal	50	Tôle pour construction maritime	27
Aluminium (à 98 p. 100 de pureté)	47	Acier doux (tenant 0.2 à 0.3 p. 100 de carbone)	21-24
Cuivre pur	40	Acier à rails	20-21
Argent monétaire (roubles de l'année 1897)	35	Acier à ressorts	18-19

L'appareil Pelymski est employé, paraît-il, pour contrôler l'uniformité de qualité des produits finis, sans détériorer sensiblement ces produits, aux usines Poutiloff et Alexandrowski, près Saint-Pétersbourg, à la fabrique d'armes de Sestrorewski, à l'usine d'Igetzki (gouvernement de Viatka), etc. Le Jury de la Classe 64 lui a attribué une mention honorable.

Entre les mains de M. Brinell, l'application du même principe a pris un caractère plus méthodique. M. Brinell a cherché à mesurer approximativement la pression par millimètre carré nécessaire pour assurer la pénétration du corps le plus dur dans le plus mou. Pour y arriver, le procédé le plus convenable aurait consisté à employer un poinçon cylindrique terminé par une surface plane, si l'on avait pu assurer la conservation de sa forme initiale et si l'on n'avait pas été obligé de tenir compte du frottement des parois latérales pendant la pénétration. On ne pouvait calculer ce deuxième élément, non plus que prévoir exactement la forme que prendrait la face antérieure du poinçon sous la compression. M. Brinell préféra donc adopter la forme sphérique pour le corps dur et employer comme élément de comparaison une bille en acier très dur, dont il n'a indiqué ni la composition, ni le mode de fabrication; il lui a donné, dans la plupart de ses essais, un diamètre de 0 m. 010.

Pour faire une détermination, on prépare une plaque de la matière à essayer, d'une épaisseur et d'une largeur suffisantes pour éviter les déformations latérales. L'épaisseur peut descendre jusqu'à 0 m. 0025, mais il est préférable de la porter à 0 m. 010; il suffit d'ailleurs d'un intervalle minimum de 0 m. 015 entre le point d'application de

la bille et le bord de la pièce pour éviter toute déformation de ce bord. La surface d'essai doit être bien dressée sans qu'il soit nécessaire de l'amener à un poli soigné.

On place la bille d'épreuve dans une cavité de même diamètre ménagée dans un bloc d'acier dur, trempé, puis on pose sur la bille la plaque à éprouver et on serre le tout sous une pression déterminée au moyen d'une machine d'essais par compression. Dans les expériences de M. Brinell, les pressions ont été de 200, 500 et 3,000 kilogrammes, suivant la dureté des corps à éprouver. Dès que l'effort nécessaire a été atteint, on enlève la plaque d'essai et on mesure au microscope le diamètre de l'impression produite par la bille. Le rapport de la pression développée (en kilogrammes) à la surface du cercle de base de l'impression (calculée en millimètres carrés) est ce que M. Binell appelle coefficient de dureté (hardness number). Le calcul en est facilité par des tables qu'il a dressées pour des pressions de 5,000, 3,000, 1,000, 500 et 200 kilogrammes et pour des diamètres d'impression variant entre 0 m. 0015 et 0 m. 007 (pour une bille de 0 m. 010 de diamètre). Par application de sa méthode, M. Brinell a obtenu des nombres, dont nous reproduisons ci-dessous quelques-uns, choisis de manière à permettre une comparaison approximative avec l'échelle de M. Pelymski, où les variations s'effectuent en sens inverse.

	kilogr.		kilogr.
Plomb	5.7	Acier à 0.2 p. 100 de carbone	107
Aluminium	38	Acier à 0.3 p. 100 de carbone	145
Argent pur	59	Fonte grise	179
Laiton	63	Fonte blanche	460
Acier à 0.1 p. 100 de carbone	97		

M. Brinell s'est bien rendu compte des imperfections de détail que présente sa méthode; il a indiqué lui-même qu'il serait préférable de la modifier de manière à obtenir, avec une bille déterminée, une impression constante sous une pression variable, mais les études qu'il avait commencées en vue de la construction d'une machine d'essai permettant d'obtenir ce résultat n'ont pu aboutir en temps utile. Il s'est donc servi de la méthode indiquée ci-dessus pour une série d'études sur les circonstances qui peuvent modifier l'action de la trempe et du recuit sur les aciers.

Au cours de ces études, il a remarqué qu'il y avait proportionnalité, dans certaines limites de teneur en carbone, entre le coefficient de dureté des aciers et leurs coefficients mécaniques déterminés par la méthode ordinaire. Au-dessous de la teneur de 0.8 p. 100 de carbone, on peut déterminer ainsi très rapidement, et sans préparation préalable d'éprouvettes, la limite élastique et la résistance à la rupture. M. Brinell a cherché à obtenir également, par une légère modification de sa méthode d'essai, la valeur de l'allongement de rupture. A cet effet, il place le point de contact de la bille à une petite distance d'une des faces latérales de l'échantillon d'essai, face qui a dû être dressée comme la face supérieure. La distance adoptée est, par exemple, de 0 m. 002 pour une bille de 0 m. 005 de diamètre; la fixité du point de contact est assurée au

moyen d'un coup de pointeau donné avec un petit appareil spécial et suivi d'un coup de lime pour enlever les bavures de refoulement. Sous l'influence de la pression exercée par la bille, l'arête de la pièce subit une déformation qu'on peut facilement mesurer. Étant donné que la distance initiale à l'arête est la même dans tous les essais, on calcule l'allongement au moyen de cette mesure. La concordance des résultats ainsi obtenus avec ceux dérivant de l'expérimentation directe est assez satisfaisante, moins cependant que celle constatée entre les coefficients de dureté et de résistance.

La méthode, ainsi complétée, permet de faire des essais sur des points assez rapprochés de la surface d'une pièce déterminée, sur une section d'un lingot d'acier, par exemple. Elle a permis à M. Brinell de montrer que les différences de composition, impossibles à éviter entre le centre et la surface d'un lingot, n'ont qu'une influence médiocre sur la résistance du métal, mais qu'elles modifient considérablement son allongement de rupture.

Les autres recherches de M. Brinell sur la trempe de l'acier et sur divers points concernant la constitution de ce métal ont un grand intérêt, mais elles sont trop complexes pour qu'il nous soit possible de les exposer dans ce rapport. Elles font d'ailleurs le plus grand honneur à leur auteur, auquel elles ont contribué à faire attribuer en grand prix de collaboration, ainsi qu'à l'usine de Fagersta, où elles ont été exécutées.

Métal déployé. — Il est assez difficile d'attribuer une place, dans la Classe 64, à l'industrie introduite en France, en 1898, par la Compagnie française du métal déployé. Cette invention américaine, qui avait déjà reçu, depuis quelques années, de nombreuses applications aux États-Unis et en Angleterre, consiste à découper, sans perte de matière, une feuille de tôle en éléments de mailles que l'on déploie ensuite en mailles uniformes, reliées les unes aux autres par des portions de tôle non découpées, de manière à obtenir une surface représentant de trois à douze fois celle de la tôle primitive.

La transformation s'effectue au moyen de machines dont on pouvait voir un spécimen en fonctionnement dans la Classe 22. Six machines semblables sont en activité à l'usine de la Société, 134, rue de Paris, à Saint-Denis; elles ont transformé, pendant l'année 1899, 2,600 tonnes de tôles d'épaisseurs diverses en 1,330,000 mètres carrés de métal déployé. Le poids moyen du mètre carré est donc de 1 kilogr. 95. En pratique, il varie entre 4 kilogr. 345 et 1 kilogr. 450, l'épaisseur des tôles employées variant elle-même entre 0 m. 045 et 0 m. 0006.

Cette fabrication exige des tôles très ductiles, qui sont fournies principalement par les usines Schneider et Cie, Boutmy et Cie, Campionnet et Cie, etc. Ces tôles sont ordinairement en acier Siemens-Martin, préalablement découpées, recuites en vases clos et planées Elle peut s'appliquer à d'autres métaux laminés, notamment à l'aluminium qui, sous cette forme, est utilisé dans la construction des automobiles à la place des tôles perforées. Le métal déployé remplace souvent les grillages en fil métallique, mais il est surtout utilisé comme armature interne dans la confection de revêtements en plâtre, en ciment ou en béton.

La Compagnie française du métal déployé a obtenu une médaille d'or dans la Classe 64.

Gazogènes. — Le problème de la gazéification des combustibles semblerait, à première vue, quelque peu négligé en ce moment si l'on en jugeait par l'absence presque complète de solutions nouvelles exposées dans la Classe 64. Le seul gazogène figurant dans cette classe était celui de M. C. W. Bildt; encore cet appareil ne présentait-il rien de nouveau en ce qui concerne l'opération même de la gazéification. Il se compose d'une cuve légèrement renflée dans sa partie moyenne et se terminant à sa partie inférieure par un cendrier fermé dans lequel on injecte de l'air, soit insufflé par un ventilateur, soit entraîné par un jet de vapeur. La grille est à barreaux droits, de section carrée, qui doivent être assez serrés, autant qu'on peut en juger par les croquis joints à la description. Les gaz sortent, vers la partie supérieure, par un orifice latéral.

L'élément caractéristique du gazogène Bildt est son chargeur automatique. Cet appareil se compose d'une trémie cylindrique, se resserrant à sa partie inférieure et fermée à sa partie supérieure par un couvercle, avec un entonnoir latéral servant à assurer l'alimentation. Dans l'axe de la trémie se trouve un arbre vertical, supporté par un collet, et portant à sa partie supérieure une roue conduite par une vis sans fin, qui lui imprime un mouvement de rotation uniforme. La vitesse de ce mouvement peut être modifiée au moyen d'un jeu de quatre poulies assurant la commande par courroie.

L'arbre tournant supporte à sa partie inférieure un distributeur qui constitue l'élément caractéristique de l'appareil Bildt. Ce distributeur est une sorte de cloche en fonte dont la surface supérieure représente un tronc de cône présentant un angle au sommet de 165 degrés environ. Il est suspendu au moyen d'une tige filetée traversant un écrou placé à la partie supérieure de l'arbre vertical : en faisant varier sa hauteur par la manœuvre de cet écrou, on règle à volonté l'intervalle entre le bord inférieur de la trémie et la surface conique de la cloche et, par suite, le débit de charbon dans l'unité de temps. Il reste à répartir uniformément, sur la surface supérieure des charges, le combustible qui doit, en théorie du moins, descendre uniformément suivant les diverses génératrices du cône tournant.

Pour obtenir ce résultat, il faut que le charbon qui descend sur des secteurs de même angle au sommet soit réparti sur des surfaces annulaires de surface égale. Si la matière descendait sans vitesse, il conviendrait, pour résoudre le problème, de prolonger le cône obtus par une surface beaucoup plus inclinée dont la section horizontale inférieure serait une spirale logarithmique. C'est ce que l'on fait, avec quelques corrections empiriques, pour la partie de la section horizontale extérieure à la base du cône. Pour la partie intérieure, au contraire, il faut adapter à cette base un prolongement incliné en sens inverse, recevant le charbon par une fente qui occupe, vers la base du cône, un secteur dont l'angle au centre est calculé d'après le principe posé ci-dessus. La correction empirique à faire subir au tracé de la directrice intérieure est plus importante que pour la lame distribuant le combustible du côté extérieur; cette directrice s'arrête d'ailleurs à une certaine distance de l'axe.

On pourrait craindre que le distributeur ne se déformât ou ne se fendît assez rapidement sous l'action de la chaleur. M. Bildt affirme qu'il n'en est rien et qu'un de ses distributeurs fonctionne à l'usine de Trollhättan (Suède) depuis cinq ans sans aucune

avarie. Tout dépend, en pareille matière, de la température des gaz sortant de l'appareil, c'est-à-dire de la composition du combustible employé et de la conduite du gazogène.

M. Bildt affirme également que le décrassage de la grille est facilité par la régularité même de la combustion dans son gazogène : il ne se produirait que très peu de mâchefers agglomérés.

La réalité de cet avantage ne pourra être bien établie que par des expériences comparatives faites avec un combustible de composition bien régulière.

Certaines autres qualités que M. Bildt revendique pour son gazogène, telles que la rareté des réparations, la possibilité d'arrêter le fonctionnement de l'appareil pendant plusieurs jours sans risque d'extinction, enfin la richesse des gaz en éléments combustibles dépendent au moins autant du profil adopté pour la cuve, profil qui n'a rien de caractéristique, que de l'emploi du distributeur tournant. Nous citerons cependant les deux analyses données par l'auteur, en faisant quelques réserves sur la possibilité d'obtenir, d'une manière régulière, des gaz présentant la composition indiquée :

	USINE DE DOMNARFVET. SOUFFLAGE par ventilateur.	AMERICAN STEEL AND WIRE CO. SOUFFLAGE par injecteur à vapeur.
CO^2	2.00	4.90
O	0.10	"
CO	27.90	26.80
C^2H^4	0.10	0.40
CH^4	"	3.50
H	2.60	18.10
Az	67.60	46.30
TOTAUX	100.00	100.00

Le gazogène Bildt permettrait, d'après son inventeur, de réaliser une économie de combustible de 10 à 30 p. 100 par rapport aux autres gazogènes. Il est actuellement en service dans une dizaine d'usines suédoises, prrmi lesquelles nous citerons celles de Trollhättan, de Domnarfvet (Société de Stora Kopparberg), d'Avesta, de Fagersta, d'Uddeholm et dans plusieurs usines des États-Unis, parmi lesquelles les Bethlehem Zink Works et l'usine de Worcester (Mass.) appartenant à l'American Steel and Wire Co. Il reste à savoir si une pratique prolongée confirmera les avantages de son emploi et sera plus favorable à l'application du chargement automatique dans le cas des gazogènes que dans celui des grilles ordinaires. On peut jusqu'à un certain point l'espérer, car la conduite d'un gazogène ne comporte pas les variations d'activité qui s'imposent souvent dans celle de la combustion sur grilles et qui ont fait renoncer, pour ces derniers appareils, à l'emploi de la plupart des systèmes de chargement automatique.

Le Jury de la Classe 64 a décerné à M. Bildt une médaille d'or pour son gazogène.

PRODUITS RÉFRACTAIRES.

L'industrie des produits réfractaires est intimement liée à l'industrie métallurgique; les progrès de l'une sont fréquemment subordonnés à ceux de l'autre. Le développement considérable pris par les fours à récupération depuis une quarantaine d'années n'aurait jamais été réalisé si un emploi judicieux de la brique de silice n'avait permis de construire des voûtes capables de résister aux températures développées grâce au chauffage de l'air secondaire. De même, la déphosphoration des fontes n'est devenue pratique que parce qu'on a trouvé le moyen d'obtenir, à un prix modéré, des revêtements basiques.

La résistance des matériaux réfractaires aux actions diverses qui tendent à provoquer leur destruction est de caractère essentiellement relatif. Les meilleures briques de silice, capables de résister longtemps à l'action d'une flamme portée à très haute température, se dissoudraient très rapidement dans le laitier basique d'un haut fourneau, si l'on voulait les employer comme briques de creuset. Inversement les briques alumineuses, usitées ordinairement pour la construction des parties inférieures des hauts fourneaux, ne pourraient servir à constituer la voûte d'un four Siemens-Martin; leur contraction amènerait inévitablement la chute de cette voûte.

Aucune matière réfractaire, quelle qu'elle soit, ne saurait résister indéfiniment à l'action des matières fondues; la conservation approximative du profil des foyers métallurgiques ne peut être assurée que par un refroidissement méthodique, réglé de manière à arrêter la destruction de la paroi à une certaine distance de sa surface extérieure. Aussi a-t-on pu dire, sans trop d'exagération, que l'eau est la meilleure de toutes les matières réfractaires.

Son action protectrice implique nécessairement une perte de chaleur assez importante. La suppression complète du revêtement réfractaire et son remplacement par des parois métalliques énergiquement refroidies constitue donc une mesure d'exception, dont l'application doit être limitée aux régions où l'action corrosive des laitiers ou scories atteint son maximum d'intensité. Partout ailleurs, on emploie simplement des revêtements réfractaires dont on fait varier la composition suivant les circonstances, de manière à leur assurer le maximum pratique de résistance.

L'ensemble des produits réfractaires constitue une série presque continue, au point de vue de leur degré d'acidité ou de basicité, depuis les briques de silice jusqu'aux produits dolomitiques ou magnésiens, les termes moyens de la série étant représentés par les pâtes silico-alumineuses. Cette série peut se diviser en quatre sections principales, rangées dans l'ordre suivant, de basicité croissante :

1° Produits siliceux (briques de Dinas);

2° Produits silico-alumineux, plus ou moins riches en alumine;

3° Produits neutres, à base de graphite ou de fer chromé;

4° Produits basiques (à base de dolomie ou de magnésie).

La deuxième de ces sections a été l'origine de la fabrication des produits réfractaires; elle représente, aujourd'hui encore, l'élément principal de cette fabrication. Les usines qui la pratiquent y joignent souvent, à titre accessoire, la fabrication de produits siliceux, alumineux, parfois magnésiens, en quantité restreinte, ou bien celle des grès cérames, parfois même celle de la céramique artistique. Cette dernière branche d'industrie a acquis une importance considérable dans certaines usines, situées aux environs de Paris, concurremment avec celle de produits réfractaires; en Belgique, au contraire, c'est surtout la production des grès et des carreaux qui a pris ainsi, à titre secondaire, un grand développement. Nous n'avons pas à nous occuper ici de ces deux branches de l'industrie céramique, qui relèvent de la Classe 72.

Les procédés de fabrication des produits réfractaires acides, c'est-à-dire siliceux ou silico-alumineux, n'ont réalisé aucun progrès important depuis 1889. Les formules de broyage et de mélange des matières sont restées les mêmes; les procédés de moulage n'ont pas été sensiblement modifiés. Dans l'industrie du zinc, il est vrai, la fabrication mécanique des creusets ou moufles a pris une importance considérable, mais ce progrès remonte à la création de la presse Dor, c'est-à-dire à 1872. Les avantages de la fabrication mécanique, bien constatés dans cette branche spéciale, n'ont pas provoqué une transformation aussi radicale dans le mode de moulage des cornues à gaz.

Une solution du problème, dans ce cas particulier, a été donnée, il y a près de vingt ans, par la Société française anonyme pour la fabrication mécanique des cornues à gaz, à Ivry-Port (Seine); la machine employée par cette société repose sur le principe de l'étirage de la pâte à la filière avec soudure d'un fond rapporté. Il semble que l'imperfection du joint soudé constitue le défaut principal des cornues obtenues par ce procédé; elle avait donné lieu également à des difficultés dans la fabrication des creusets à zinc au moyen de la première presse Dor, fonctionnant dans des conditions analogues.

Nous devons signaler incidemment la modification apportée par MM. Teissier et Nègre, fabricants de produits réfractaires à Uzès (Gard), à la forme des cornues à gaz. L'adoption d'un profil ondulé leur a permis de conserver aux parois une résistance suffisante tout en réduisant leur épaisseur de 7 à 4 centimètres. Ils ont rendu ainsi la transmission de chaleur plus facile, d'où une économie sensible sur la consommation de coke pour le chauffage et une augmentation de production. La pratique a montré que les cornues de MM. Teissier et Nègre ne s'usaient pas plus vite que les cornues lisses et qu'elles présentaient l'avantage de s'enduire de graphite avec plus de régularité. Elles sont fabriquées à la main; la qualité de leur pâte paraît très satisfaisante.

MM. Teissier et Nègre ont obtenu une médaille de bronze dans la Classe 64.

Cuisson des produits réfractaires. — Dans la plupart des usines, la cuisson des produits réfractaires s'effectue encore dans des fours à chauffage intermittent, construits sur un plan circulaire ou rectangulaire et munis d'un nombre variable de

chauffes à grille. La consommation de combustible est ordinairement de 20 à 25 p. 100 du poids des produits finis.

Le chauffage continu, avec récupération de la chaleur emportée par les gaz brûlés et de celle emmagasinée dans les produits finis, est appliqué depuis longtemps dans la fabrication des briques ordinaires. Il ne peut être appliqué sans modifications à la cuisson des produits réfractaires, car l'introduction directe du combustible pulvérulent dans les chambres de cuisson risquerait de nuire à la qualité des produits en recouvrant leur surface de cendres fusibles.

La gazéification du combustible permet d'éviter cet inconvénient, mais elle exige des dispositions relativement compliquées que les fabricants de produits réfractaires ont beaucoup hésité à adopter. Cependant, parmi ceux qui figuraient à l'Exposition, deux au moins, M. Henroz et la Glenboig Union Fire Clay Co., font usage de fours continus, constitués par le groupement de deux séries parallèles de chambres. Reliées à leurs extrémités par des canaux souterrains, ces deux séries forment ensemble un circuit complet, analogue à celui du four Hoffmann-Licht.

Dans le four Henroz, elles sont accolées l'une à l'autre, séparées seulement par un canal longitudinal qui amène le gaz combustible fourni par les gazogènes. Ces gaz passent du collecteur central dans un des canaux secondaires de distribution, situés sur les reins des voûtes couvrant les chambres de cuisson. Chacun de ces canaux peut être mis en relation avec le collecteur central par la manœuvre d'un registre incliné, en terre réfractaire, démasquant un orifice de communication; il est muni, d'un seul côté, d'ouvreaux débouchant dans la partie supérieure d'une des chambres.

La communication entre les chambres consécutives est établie par d'autres ouvreaux, placés au niveau du sol; elle peut être fermée à volonté au moyen d'un registre en tôle épaisse que l'on glisse de l'extérieur dans une rainure correspondant au plan médian de chaque cloison.

Enfin, un autre registre permet de mettre à volonté chaque chambre en communication avec un collecteur de fumées, placé à l'extérieur du massif, immédiatement au-dessous du sol, et aboutissant à une cheminée.

Cet ensemble de dispositions permet de réaliser la récupération, un peu moins complètement, il est vrai, que dans le système Hoffmann-Licht. Avec un four à douze chambres, M. Henroz affirme avoir pu réduire la consommation de combustible à 10 p. 100 du poids des produits finis, tout en cuisant à une température très élevée.

M. Henroz a obtenu une médaille d'argent.

Le four Dunnachie, en usage à Glenboig, présente des dispositions notablement plus compliquées. Les chambres sont au nombre de dix; elles forment deux séries parallèles, séparées par un intervalle de 6 mètres, qui sert à la fois de séchoir et de dépôt pour les produits en cours de chargement et de déchargement.

Le collecteur de gaz combustible se trouve dans l'axe longitudinal de l'appareil, au-dessous du niveau du sol; des soupapes à siège, en terre réfractaire, commandent les branchements latéraux aboutissant à la partie inférieure des chambres.

Au lieu de se développer par mélange progressif, dans l'intérieur de la chambre en cours de chauffage, comme dans le four Henroz, la combustion s'effectue dans un espace relativement restreint, vers un des angles inférieurs de cette chambre. Le gaz, sortant verticalement par une série d'ouvreaux, rencontre, à peu près à angle droit, l'air qui s'est échauffé par circulation sur les produits déjà cuits et qui est introduit par une autre série d'ouvreaux ménagés à la base de la cloison voisine. Un dispositif spécial permet de diriger au besoin une partie de l'air chaud vers une deuxième rangée d'ouvreaux, ménagée dans la même cloison, un peu au-dessous de la naissance de la voûte. Cette combinaison a pour but de régulariser éventuellement la distribution de la chaleur; on peut se demander si son emploi est bien justifié par une efficacité réelle.

L'évacuation des gaz brûlés s'effectue par un collecteur souterrain placé à l'extérieur du massif, comme dans le four Henroz.

La consommation de combustible, nécessitée par la cuisson au moyen de l'appareil Dunnachie, n'était pas indiquée en chiffres absolus; elle varierait, dit-on, entre la moitié et le quart de ce qu'elle était avec les fours à travail discontinu. On peut présumer qu'elle est peu différente de celle réalisée avec l'appareil Henroz.

Outre l'économie réalisée sur le combustible, les fours continus chauffés au gaz ont l'avantage d'exiger moins de personnel, de rendre le travail moins pénible et de donner des produits de meilleure qualité, à cause de la lenteur plus grande du séchage et du refroidissement après cuisson. Leur inconvénient principal est d'exiger un chiffre élevé de production pour donner de bons résultats.

La Glenboig Union Fire Clay Company limited a obtenu une médaille d'or dans la Classe 64.

Briques de silice. — La fabrication des briques à teneur très élevée en silice a été créée, vers les premières années de ce siècle, dans la localité de Dinas (vallée de Neath); tenue assez longtemps secrète, elle s'est répandue peu à peu dans les divers pays de l'Europe lorsque le développement des fours à récupération de chaleur est venu lui fournir un débouché important.

Les principes de cette fabrication sont restés les mêmes depuis l'origine. Le but à atteindre est d'agglomérer les grains de silice par l'intermédiaire d'une pâte relativement peu fusible, assez abondante pour donner à la masse la solidité nécessaire, pas assez pour diminuer sensiblement ses qualités réfractaires. Cette pâte est un silicate très acide, résultant du mélange des éléments siliceux les plus fins, produits par le broyage, avec 1 à 2 p. 100 de chaux grasse, ou mieux de chaux hydraulique. Une compression énergique obtenue soit avec une presse à balancier, soit au moyen d'une presse analogue à celles servant à la fabrication des agglomérés de houille, et une cuisson à haute température, sont des conditions nécessaires pour obtenir des produits de bonne qualité. La pâte siliceuse n'ayant qu'une plasticité très faible, il est difficile de la mouler sous des formes tant soit peu compliquées. On pouvait voir cependant dans l'exposition de M. Henroz des brûleurs à gaz en silice.

La fabrication de la brique de Dinas est parfois un accessoire de celle des briques silico-alumineuses; c'est le cas des usines installées à Paris et à Ivry (Em. Muller, Janin frères et Guérineau, Ducouroy); des usines Escoyez et de la Société d'Andenne, en Belgique, etc. Le plus souvent elle constitue une industrie indépendante. C'est le cas de la maison Allen and Co. Limited, dont le siège est à Londres; cette maison, qui a créé le type de la brique de Dinas il y a quatre-vingts ans environ, maintient la haute qualité de ses produits.

Le Jury de la Classe 64 lui a accordé une médaille d'argent.

En France, la maison Sourdille, à Saint-Sébastien-lez-Nantes, emploie comme matière première des cailloux quartzeux roulés. Avec un personnel de soixante-cinq ouvriers, elle fabrique annuellement deux millions et demi de briques, classées en deux qualités différentes qui sont caractérisées par des teneurs de 95 et de 97 p. 100 de silice. Les briques de cette dernière catégorie résistent aux températures les plus élevées obtenues dans les fours industriels. M. Sourdille (Philippe) a obtenu une médaille d'or dans la Classe 64.

En Belgique, c'est la maison Henroz, de Floreffe, déjà mentionnée précédemment, qui s'est fait une spécialité de la fabrication des briques de silice; elle a réussi à obtenir des produits très réfractaires, et à fabriquer à l'occasion des pièces de forme relativement compliquée.

Les États-Unis étaient représentés, en ce qui concerne cette spécialité, par la Ligonier Fire Brick Company, à Ligonier (près Pittsburgh). Cette société emploie comme matière première une roche siliceuse intercalée dans la formation houillère; la qualité de ses produits est très estimée et le chiffre de sa production considérable. Elle a obtenu une médaille d'or dans la Classe 64.

Produits réfractaires silico-alumineux. — Malgré le développement pris, au cours du XIXe siècle, par la fabrication des briques de silice, d'une part, des produits basiques, d'autre part, les pâtes silico-alumineuses forment encore l'élément principal de la fabrication des produits réfractaires.

La composition de ces pâtes varie d'ailleurs beaucoup, suivant les conditions auxquelles doivent satisfaire les produits fabriqués.

Pour les briques destinées à subir simplement l'action d'une température élevée, une forte proportion de silice ne présente aucun inconvénient. Elle serait nuisible, au contraire, pour des briques destinées à former l'ouvrage ou le creuset d'un haut fourneau et à subir l'action corrosive des laitiers basiques. De pareilles briques doivent contenir une proportion d'alumine d'au moins 35 p. 100, relevée parfois jusqu'à 45 p. 100 par des additions de bauxite.

On peut fabriquer, grâce à de pareilles additions, des pièces réfractaires spéciales encore plus riches en alumine, mais la plasticité de la pâte diminue alors d'une manière notable. Elle se réduit encore quand on veut employer de la bauxite pure; le moulage de cette matière sous des formes un peu compliquées est assez difficile. Cependant, la maison Ducouroy, d'Ivry, affirme n'employer aucun mélange d'argile pour

la fabrication de brûleurs à gaz en bauxite, ainsi que pour celle d'autres pièces analogues, pour fours à chaux, qui faisaient partie de son exposition.

Le nombre des fabricants de produits réfractaires silico-alumineux figurant à l'Exposition n'était pas assez considérable pour permettre de se rendre un compte bien exact de l'importance de cette industrie et de la diversité de ses produits. Parmi les usines françaises, il n'y avait guère eu à exposer dans la Classe 64 que celles de la région parisienne. La maison Teissier et Nègre, d'Uzès, représentait seule la région méridionale; en dehors de son type spécial de cornues ondulées, elle se bornait à présenter quelques échantillons de briques, d'une bonne fabrication.

Les usines parisiennes se divisaient en deux groupes, l'un adonné surtout à la production des grosses pièces, l'autre spécialisé plutôt dans la fabrication des creusets et des articles de laboratoire.

Le premier groupe se composait des usines Janin frères et Guérineau, 172, avenue de Choisy, à Paris, Em. Muller et Cie, Ducouroy, enfin la Société française anonyme pour la fabrication des cornues à gaz, à Ivry. Ces quatre établissements, qui ont obtenu chacun une médaille d'or dans la Classe 64, présentaient une série très variée de produits de toute nature où figuraient, avec des briques réfractaires de formes diverses, de grandes pièces d'une exécution très soignée, notamment des cornues à gaz, sur lesquelles nous n'avons pas à insister ici.

Nous devons signaler dans l'exposition de MM. Janin frères et Guérineau des dalles pour fours à pyrites ayant jusqu'à 1 m. 25 de portée, des moufles plats de grandes dimensions, des pièces spéciales en bauxite, etc.; dans celle de M. Em. Muller et Cie, de grands moufles à cémenter, des cuves à fondre les métaux, des pièces pour voûtes de foyers de locomotives, des briques de silice légère, obtenues avec une terre d'infusoires provenant de Norvège et servant à revêtir soit des coffres-forts, soit des foyers de torpilleurs.

Nous devons rappeler que la maison Em. Muller a été la première, en France, à fabriquer des briques de Dinas; elle en produit 500 tonnes par an, avec 3,500 tonnes d'autres produits réfractaires. La production de la maison Janin frères et Guérineau atteint annuellement 7,000 tonnes de briques réfractaires, 5,000 tonnes de pièces spéciales, 3,000 tonnes de coulis réfractaire, etc.

Cette usine, ainsi que la précédente, fabrique en même temps des produits céramiques pour décoration architecturale; c'est une spécialité qui tend à prendre, pour ces établissements une importance considérable.

La maison Ducouroy s'est, au contraire, attachée spécialement à la fabrication des produits réfractaires, dont elle expose une série de types très divers, tels que cornues à gaz du type Guéguen, grands moufles, pots de cristallerie, pièces spéciales en bauxite, briques en bauxite pour revêtement de cubilots, briques en magnésie, faites avec de la giobertite d'Eubée sans addition, etc.

La Société française anonyme pour la fabrication mécanique des cornues à gaz, à Ivry-Port (Seine), expose, outre les cornues qui constituent sa spécialité essentielle,

des creusets en graphite de dimensions variées et d'une fabrication soignée. Elle a obtenu une médaille d'or.

L'industrie des creusets en terre réfractaire pour la fusion des métaux était représentée spécialement par M. Desmarquest-Leblond (Alfred), de Saint-Samson (Oise), M. David (Auguste), à Paris, 6, rue Montlouis, et Mme Vve Goyard, à Paris, 42, rue Alexandre-Dumas. Les produits de ces diverses maisons sont fabriqués avec des terres provenant soit de la région de Forges, soit du Staffordshire ou même d'Allemagne; la maison David indique, en effet, qu'elle emploie des terres de Gross Almerode (Hesse). Ils sont moulés généralement à la main; cependant la maison David les comprime mécaniquement après séchage. Les maisons David et Vve Goyard joignent à la fabrication des creusets celle des fourneaux à moufle et autres appareils analogues pour laboratoires.

Cette branche de l'industrie parisienne soutient bien son ancienne réputation; elle exporte une quantité importante de produits.

Le Jury de la Classe 64 a décerné des médailles d'argent à M. Desmarquest-Leblond et à Mme Vve Goyard, une médaille de bronze à M. David (Auguste).

Parmi les grandes usines sidérurgiques françaises qui ont fourni quelques détails intéressants sur leur fabrication de produits réfractaires, il convient de citer celle d'Isbergues (Pas-de-Calais).

Son atelier se compose de 2 broyeurs à meules, 4 malaxeurs horizontaux, 1 malaxeur vertical, 1 presse hydraulique pour la fabrication des tuyères de convertisseur, produisant 20 tuyères à l'heure avec une équipe de 3 hommes dont 1 machiniste; 2 tables avec 11 formes à pédales pour la fabrication des briques, 4 étuves pour le séchage des fonds et des tuyères; 4 autres pour celui des briques, outre les séchoirs spéciaux; 4 fours à 2 foyers, cuisant 38 tonnes par charge, en 36 heures.

La production est de 600 tonnes par mois, en moyenne; elle se décompose ainsi :

1° Briques siliceuses, faites de poudingue aggloméré avec un peu de chaux, pour pieds-droits et voûtes de fours Siemens-Martin et pour autels de fours à réchauffer;

2° Briques réfractaires ordinaires, composées d'un mélange de terres d'Hauterages et de déchets; l'usine les emploie pour la construction des fours à réchauffer, fours à coke, appareils Whitwell, empilages Siemens, foyers de chaudières, etc.;

3° Briques silico-alumineuses, obtenues avec des mélanges de silex et de terre réfractaire, destinés aux revêtements de convertisseurs, de poches à acier, de cubilots, etc.;

4° Produits alumineux, tels que tuyères, bouchons de coulée, briques pour coulée en source, etc., obtenus avec un mélange de terre de Vighen et de débris réfractaires;

5° Briques de chrome et de magnésie, employées dans la construction et les réparations des fours Siemens-Martin.

La Belgique était représentée par la Société anonyme des terres et produits réfractaires d'Andenne, à Andenne, la maison Escoyez, à Tertre-lez-Mons, et la maison Henroz (Camille), à Floreffe.

Cette dernière ne se limite pas à la fabrication des briques de silice, pour laquelle nous avons eu à la mentionner. Elle avait exposé divers types de produits silico-alumineux, notamment des blocs de flottaison d'un four à bassin, de composition très alumineuse, des buses pour trous de coulée de poches à acier, etc. Ces divers produits étaient de fabrication soignée et très bien cuits.

La maison Escoyez présentait une exposition importante et variée : elle y avait fait figurer, par exemple, tous les éléments entrant dans la construction d'un four de verrerie à bassin, depuis les briques alumineuses de flottaison jusqu'aux briques de silice pour la voûte, y compris les pièces pour brûleurs, les flotteurs, etc.

Elle montrait des types de cornues à gaz, de cornues pour la distillation du phosphore, de casettes pour la cuisson de la porcelaine, des dalles pour foyers Michel Perret, des pièces spéciales pour fours à coke, etc. La production de carreaux céramiques et même de pièces artistiques est une branche importante de la fabrication de cette usine, qui occupe 700 ouvriers.

Le Jury de la Classe 64 a décerné une médaille d'or à M. Escoyez (Louis).

La Société d'Andenne est la plus ancienne des grandes fabriques de produits réfractaires de la Belgique; elle soutient la vieille réputation de ses produits. Au point de vue métallurgique, elle exposait des briques spéciales, pour ouvrages de hauts fourneaux, qui ont pu soutenir avantageusement la concurrence des produits anglais similaires. Une section complète d'un four à coke Semet-Solvay présentait également un réel intérêt. Ses cornues à gaz et ses moufles d'émaillerie, de types divers, avaient tous les caractères d'une excellente fabrication. Son exposition était complétée par un certain nombre de spécimens de ses grès cérames, dépendant de la Classe 72. La Société anonyme des terres et produits réfractaires d'Andenne a obtenu une médaille d'or dans la Classe 64.

L'industrie des produits réfractaires, si développée dans la Grande-Bretagne, était très incomplètement représentée. On ne pouvait pas se faire une idée sérieuse de l'importance d'établissements tels que ceux de Cory brothers and Co., de Cardiff, ou de Pease and partners, de Darlington, par les quelques briques exposées. Nous devons seulement signaler dans la première de ces expositions des échantillons de briques dites de porcelaine qui semblaient composées de quartz en grains de 2 à 3 millimètres aggloméré avec du kaolin.

L'exposition de la Glenboig Union fire clay Company limited, dont les usines se trouvent à Glenboig, Cumbernauld et Gartcosh, près Coatbridge (Écosse), présentait plus d'intérêt. Cette importante Société fabrique non seulement des produits réfractaires, mais aussi des tuyaux et objets divers en grès, des carrelages, des pièces céramiques architecturales, etc. En fait de produits réfractaires silico-alumineux, elle peut livrer les produits les plus divers, depuis la brique de modèles courants jusqu'à la cornue à gaz; la pâte qu'elle emploie est relativement riche en alumine puisqu'elle tient de 30 à 35 p. 100 de cette base. Elle produit également des briques à teneur élevée en silice, mais à ciment alumineux, qui peuvent remplacer dans une certaine mesure les briques de Dinas.

Les analyses suivantes indiquent la composition (après cuisson) des argiles réfractaires servant de base à la fabrication de la Société de Glenboig et celle de divers produits de cette Société :

DÉSIGNATION.	TERRE RÉFRACTAIRE		BRIQUES		
	de LA MINE GLENBOIG STAR.	de GARTOOSH.	ALUMINEUSES.	de COMPOSITION MOYENNE.	SILICEUSES dites GANNISTER BRICK.
Silice	65.41	61.90	62.50	74.10	87.06
Acide titanique	1.33	2.09	Non dosé.	0.20	Traces.
Alumine	30.55	32.34	34.00	22.32	11.24
Peroxyde de fer	1.70	3.02	2.70	2.28	0.69
Chaux	0.69	0.37	0.80	0.48	Traces.
Magnésie	0.64	0.20		0.34	Traces.
Potasse	0.55	0.06		0.38	0.61
Soude	Traces	0.30			0.33
TOTAUX	100.87	100.28	100.00	100.10	99.93

Les procédés de fabrication de Glenboig sont assez différents de ceux usités sur le continent. Cela tient à la nature spéciale de la matière première employée, qui est en réalité une sorte de schiste houiller, appartenant au niveau du Millstone Grit, et non pas une argile franchement plastique, comme les argiles tertiaires qui alimentent la plupart des fabrications de produits réfractaires dans l'Ouest du continent européen.

La couche de schiste houiller qualifié de « fire clay » a une épaisseur de 2 à 3 mètres; elle est exploitée souterrainement, par piliers tournés. Une fois extraite, la matière est soumise à une désagrégation lente, sous l'action des agents atmosphériques, du moins lorsqu'elle est destinée à la fabrication de produits de qualité supérieure : cette opération permet le triage des nodules de pyrite ou de carbonate de fer, tout en facilitant le broyage.

La plus grande partie de la matière première est soumise directement à cette dernière opération, qui s'effectue au moyen de meules roulantes, elle est ensuite criblée. Les grains servent à la fabrication de la brique, les parties fines, à celle du mortier réfractaire. On n'introduit dans la pâte un élément dégraissant, argile cuite ou débris de produits réfractaires, que dans le cas de la fabrication de pièces de forme compliquée, pour lesquelles un fort retrait de cuisson serait une cause importante d'avaries et de rebuts. On estime au douzième des dimensions initiales le retrait subi par les briques fabriquées par cette méthode; l'élévation de ce chiffre explique la difficulté qu'on éprouve à obtenir des pièces de forme bien régulière et conformes à un type donné.

Le malaxage se fait sur la piste d'une meule roulante; la pâte est comprimée à la main, dans des moules en bronze pour les types courants, dans des moules en bois pour les modèles spéciaux. Le séchage est conduit rapidement, souvent en 24 heures seulement quand il s'agit de briques; la cuisson s'effectue dans un four continu, chauffé au gaz,

IMPRIMERIE NATIONALE.

qui a été décrit plus haut. Nous rappellerons que la Société de Glenboig a obtenu une médaille d'or.

La fabrication des produits réfractaires aux États-Unis n'était pas représentée à l'Exposition beaucoup plus complètement que celle de la Grande-Bretagne. La Valentine (M. D.) and son Company, à Woodbrige (New-Jersey), avait présenté une exposition insignifiante, ne donnant qu'une idée fort imparfaite de l'importance de cette société, qui approvisionne de briques pour hauts fourneaux, pour cubilots et pour fours à réverbère de toute nature la plupart des usines de l'Est des États-Unis.

La matière première employée est une argile crétacique, très plastique, relativement alumineuse et donnant des produits très réfractaires.

La Denver Fire Clay Company, à Denver (Colorado), produit une quantité importante de briques réfractaires, pour l'alimentation des usines de la région occidentale des États-Unis. Mais sa véritable spécialité est la fabrication de creusets de forme très régulière, à parois relativement minces et cependant résistantes. Leur qualité est tellement appréciée aux États-Unis que la Denver Fire Clay Company en expédie beaucoup jusqu'à New-York, malgré la distance considérable qui sépare Denver de la côte atlantique.

La pâte dont elle se sert est notablement plus siliceuse que celle employée par les usines analogues de l'Est des États-Unis.

Produits réfractaires à base de graphite. — Les seuls produits réfractaires neutres qui fussent représentés à l'Exposition étaient ceux à base de graphite. On ne peut guère tenir compte en effet de l'unique brique en fer chromé présentée par la maison Em. Muller et Cie.

En France, la seule fabrication pour laquelle on emploie couramment la pâte graphitique est celle des creusets destinés à la fusion du cuivre, du laiton et des métaux précieux.

Elle constitue une branche accessoire de l'industrie de la maison Em. Muller et Cie et de la Société française anonyme pour la fabrication mécanique des cornues à gaz, à Ivry, qui exposaient l'une et l'autre des produits d'excellente qualité.

La fabrication similaire anglaise, si importante comme chiffres d'affaires, n'était pas représentée.

Dans la section allemande figuraient les creusets de M. Otto Roosen, de Hambourg, fabriqués exclusivement avec du graphite de Ceylan. Cette substance entrerait, paraît-il, pour 55 à 60 p. 100 dans la composition de la pâte, le reste étant formé d'une terre réfractaire de première qualité, de provenance allemande. Par l'emploi de ces matières choisies et l'application d'un procédé mécanique de moulage, M. Roosen obtient des creusets qui peuvent faire de quarante à soixante coulées de bronze ou de laiton, de six à dix d'acier. La fusion de ce dernier métal fournit, en Allemagne, un débouché important à la fabrication des creusets de graphite, à l'inverse de ce qui se passe en France, où les fondeurs d'acier préfèrent se servir de creusets blancs.

M. Otto Roosen a obtenu une médaille d'argent dans la Classe 64.

La fabrication des produits graphitiques est représentée au Canada par la Walker Mining Company, à Buckingham, qui exploite elle-même le graphite qu'elle consomme; ce graphite a une structure écailleuse, analogue à celle du graphite de Ceylan. Une médaille d'argent a été attribuée à cette Société.

Aux États-Unis, la même industrie est représentée par la Seidel Crucible Company, qui emploie à la fois du graphite indigène et du graphite de Ceylan. Cette importante Société fabrique non seulement des creusets de graphite pour les fonderies de cuivre et d'acier, mais encore des trous de coulée et des tampons, pour poches à acier; l'emploi de la pâte graphitique pour ce dernier usage est courant aux États-Unis, à l'inverse de ce qui se passe en Europe.

La Seidel Crucible Company a obtenu une mention honorable.

Nous devons enfin citer les produits de la Société de fabrication de creusets à Osaka (Japon), remarquables par leurs dimensions au moins, car un des spécimens exposés ne mesurait pas moins de 0 m. 60 de hauteur et de 0 m. 50 de diamètre intérieur, avec 0 m. 04 d'épaisseur.

Cette Société a obtenu une médaille de bronze.

Produits réfractaires basiques. — Le développement des variantes diverses de la déphosphoration a créé l'industrie des produits réfractaires basiques. Ces produits sont les uns à base dolomitique, les autres à base magnésienne, mais les principes généraux de leur fabrication sont les mêmes. La dolomie ou le carbonate de magnésie sont calcinés à une température extrêmement élevée, de manière à épuiser aussi complètement que possible leur faculté de contraction. Ce frittage ne peut être réalisé convenablement que si la matière contient quelques centièmes d'impuretés, soit un peu de silice, soit plutôt de l'alumine et de l'oxyde de fer. La matière frittée est broyée, agglomérée au moyen d'une matière plastique convenablement choisie, moulée sous sa forme définitive et enfin cuite à une température convenable. Pour la dolomie frittée, on ne saurait employer comme agglomérant une pâte délayée dans de l'eau : le contact de ce liquide provoquerait son délitement. On a donc recours ordinairement à l'emploi du goudron bien déshydraté; la cuisson du produit moulé se réduit à un étuvage poussé jusqu'à une température de 800 à 900 degrés. A cette température, la distillation des matières volatiles du goudron est à peu près complète et le coke qui en constitue le résidu est assez solide pour agglomérer convenablement les grains dolomitiques.

Pour la magnésie, on emploie parfois le goudron comme agglomérant, dans les mêmes conditions que pour la dolomie. D'autres fois, on se sert d'une pâte formée de magnésie faiblement calcinée, broyée avec de l'eau : cette formule, inapplicable avec la dolomie, peut être adoptée pour l'agglomération de la magnésie qui, une fois bien frittée, ne présente que fort peu de tendance à s'hydrater.

La magnésie présente, par rapport à la dolomie, des avantages incontestables. Elle donne beaucoup plus facilement des briques bien régulières; elle permet même de

fabriquer des pièces de forme relativement compliquée. Les divers produits magnésiens sont très solides; ils se conservent indéfiniment à l'air, alors que la dolomie frittée et les produits ou revêtements auxquels elle sert de base se délitent après une courte période, quinze jours à trois semaines au maximum, par la seule action de l'humidité atmosphérique. Enfin ils présentent l'avantage considérable de pouvoir être mis en contact, à haute température, avec des revêtements siliceux sans que la fusion se produise.

Leur seul défaut est leur prix de revient beaucoup plus élevé que celui des revêtements dolomitiques. Cet inconvénient est particulièrement accentué dans l'Ouest de l'Europe, où il n'existe aucun gisement de giobertite assez important pour alimenter une grande fabrication de produits magnésiens.

La grande altérabilité des produits réfractaires à base de dolomie a eu pour conséquence de concentrer l'élaboration de ces produits dans les usines mêmes qui les consomment. Il n'existe pas d'usines spéciales ayant leur fabrication pour objet; c'est tout au plus si le frittage de la dolomie s'effectue parfois sur le lieu de son exploitation. Encore cette combinaison nécessite-t-elle beaucoup de rapidité et de régularité dans les transports, si l'on veut éviter un déchet considérable en cours de route.

L'organisation de la fabrication des produits dolomitiques, comme simple annexe des grandes aciéries de déphosphoration, explique pourquoi on ne rencontrait à l'Exposition aucune indication sur cette fabrication, fort importante cependant. Il en est autrement de celle des produits magnésiens; ceux-ci n'ont été à l'origine qu'un accessoire de l'industrie des produits silico-alumineux, mais leur production tend à se concentrer dans des établissements spéciaux, installés à proximité des centres de production de la matière première. On peut citer, comme rentrant dans cette catégorie, deux usines importantes représentées l'une et l'autre à l'Exposition, la Veitscher Magnesitwerke Actien Gesellschaft, à Veitsch (Styrie) et l'usine Paul Mansfeld à Budapest. L'une était inscrite dans la Classe 63, l'autre dans la Classe 64, où elle a obtenu une médaille d'argent.

La première exploite un gisement de giobertite fort important à Veitsch (Styrie); son usine est située à 2 kilomètres environ de distance de son exploitation minière, dans la vallée de la Murz. Elle renferme 18 fours de calcination, pouvant produire annuellement 65,000 tonnes de magnésie frittée, des appareils de broyage et de moulage actionnés par une force motrice de 300 chevaux et 76 fourneaux de cuisson pouvant donner annuellement 15,000 tonnes de produits finis. Le personnel de l'usine est de 750 ouvriers : la vente totale de produits de toute nature a atteint 46,000 tonnes en 1899.

Les établissements Paul Mansfeld, à Budapest et à Jolsva (comitat de Gömör), tirent leur matière première du Nord de la Hongrie. Leur importance est considérable, car leur production annuelle est de 10,000 tonnes de produits fabriqués, plus 20,000 tonnes de magnésie frittée vendue à l'état brut. Leur prix de vente est relativement peu élevé; il s'est abaissé dans certains cas jusqu'à 48 kronen, soit 50 francs environ, par tonne de briques.

En France, il n'existe aucun établissement d'importance comparable à celle des deux précédents. Les usines Janin frères et Guérineau, Em. Muller et Cie, Ducouroy, fa-

briquent chacune, annuellement, quelques centaines de tonnes de produits magnésiens; elles font venir d'Eubée leur matière première, plus pure sans doute que les giobertites de Styrie ou de Hongrie, mais d'une agglomération plus difficile.

Dans les grandes usines, telles que celles de Styrie et de Hongrie, la méthode employée pour la fabrication des briques de magnésie est la suivante. Le carbonate de magnésie naturel est calciné dans des fours coulants, chauffés par introduction, vers leur zone moyenne, de gaz combustibles provenant de gazogènes à houille; la combustion de ces gaz est rendue plus complète par une insufflation d'air. La température obtenue doit atteindre le blanc intense, de manière à provoquer un frittage aussi complet que possible.

Pour reconnaître si ce résultat a été obtenu, on casse les morceaux que l'on tire par le bas du four. La surface de ces morceaux, qui a subi un chauffage énergique, est colorée en brun ou en violet foncé; le centre conserve parfois une couleur d'un jaune ocreux qui indique une calcination insuffisante. On trie ces parties mal cuites, qui servent ensuite à préparer la pâte servant à agglomérer les fragments frittés.

Les parties bien cuites sont broyées soit dans des broyeurs à boulets, soit sous des meules roulantes, à bandage d'acier très dur. La première catégorie d'appareils donne des résultats moins satisfaisants que la seconde, à cause de la détérioration très rapide de ses éléments et de sa tendance à broyer trop fin. Les grains de la matière broyée doivent avoir, autant que possible, de 2 à 3 millimètres de diamètre.

Pour agglomérer la magnésie frittée, on emploie parfois le goudron bien privé d'eau, dans la proportion de 8 p. 100 du poids de la magnésie. On fait le mélange sous des meules verticales, puis on comprime la pâte dans des meules de fonte soit à la main, soit mécaniquement. Cette méthode de fabrication, identique à celle employée pour les briques de dolomie, donne lieu à un retrait important au moment de la cuisson, qui se fait dans les moules en fonte.

Le plus souvent on préfère employer comme élément plastique une pâte de magnésie dite caustique, c'est-à-dire cuite à une température de 800 à 900 degrés seulement. On emploie à cet usage les incuits de la calcination; on les broie très finement et on les mélange avec de l'eau; il se produit un échauffement appréciable, dû à l'hydratation de la magnésie. Le mélange a été fait sur la piste d'une meule roulante, jusqu'à consistance un peu laiteuse; on y ajoute peu à peu, en faisant toujours tourner la meule, de la magnésie frittée et broyée, jusqu'à obtention d'une pâte très épaisse. On moule celle-ci soit à la main, soit à la presse; on laisse sécher pendant une huitaine de jours sous des hangars bien ventilés; enfin on cuit dans un four continu, chauffé au gaz de gazogène. La cuisson dure une vingtaine d'heures par chambre : elle se fait au blanc le plus intense et donne lieu à un retrait de 4 p. 100 environ sur les dimensions initiales.

D'après M. Mansfeld, on obtiendrait des produits de qualité supérieure en utilisant comme matière première les déchets de la cuisson et de la manipulation des briques et en les agglomérant à nouveau, parfois après addition d'une certaine quantité de fer chromé. On obtiendrait ainsi des briques qui ne subiraient au feu aucun retrait appréciable.

Pour la confection des revêtements en pisé de magnésie, on emploie comme agglomérant tantôt le goudron, tantôt un mortier très clair à base de terre réfractaire, tantôt enfin une certaine proportion de scories basiques provenant de l'opération même qui doit être exécutée dans le four.

La première formule ne donne lieu à aucune observation spéciale. D'après les indications données par la Société de Veitsch, la deuxième comporterait l'emploi d'une bouillie formée d'une partie de terre de pipe et de neuf parties d'eau que l'on ajouterait à de la magnésie frittée et broyée, dans la proportion d'un neuvième du poids de celle-ci.

Les analyses suivantes donnent une idée de la composition des produits magnésiens fournis par les deux usines mentionnées ci-dessus :

DÉSIGNATION.	VEITSCH			PAUL MANSFELD.		
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Magnésie	88.22	85.31	83.00	90.42	90.95	91.52
Chaux	0.87	Traces.	3.90	1.50	1.70	2.10
Alumine	0.86	9.05	1.30	2.38	Non dosée.	Non dosée.
Sesquioxyde de fer	7.07		7.60	5.02	6.50	6.05
Protoxyde de manganèse	0.59	0.47	"	"	"	"
Silice	2.35	Non dosée.	3.45	0.17	0.50	0.35
Acide carbonique	"	"	"	0.46	"	"
Acide phosphorique	"	"	0.08	"	"	"
Perte au feu	"	"	0.20	0.05	"	"
Totaux	99.96	94.83	99.45	100.00	99.65	100.02

I. Magnésie calcinée de Veitsch (analyse faite à l'Académie royale des mines de Freiberg — d'après la Société de Veitsch).

II. Briques de magnésie de l'usine de Veitsch (analyse de Sir Ed. Riley — d'après la Société de Veitsch).

III. Briques de magnésie de l'usine de Veitsch (analyse de The Stowe Fuller Company, à Cleveland, Ohio, U. S. — d'après M. Paul Mansfeld).

IV. Magnésie calcinée de l'usine Mansfeld (analyse de M. Lukacs, chimiste à l'Université de Budapest — d'après M. Paul Mansfeld).

V. Magnésie calcinée de l'usine Mansfeld (analyse du Laboratoire du Ministère hongrois de l'agriculture — d'après M. Paul Mansfeld).

VI. Brique de magnésie de l'usine Mansfeld (analyse de The Stowe Fuller Company, à Cleveland, Ohio, U. S. — d'après M. Paul Mansfeld).

On arrive maintenant à fabriquer, en pâte magnésienne, non seulement des briques de tous modèles, y compris des briques de voûtes, assemblées à rainure, mais encore des pièces de forme assez compliquée, telles que creusets, fours à fondre le platine, bouchons de coulée, avec leurs sièges, pour poches à acier, tuyères de convertisseurs, etc.

D'après l'expérience acquise par diverses aciéries, les tuyères en magnésie peuvent donner d'excellents résultats et prolonger de beaucoup la durée des fonds de convertisseurs basiques. Leur emploi se développerait rapidement si leur prix était moins élevé.

Certaines grandes usines sidérurgiques fabriquent des produits réfractaires à base de magnésie. On peut citer notamment celle du Creusot qui est arrivée à obtenir, dans son usine de Perreuil, des tuyères en magnésie d'une dureté et d'une résistance très remarquables.

RÉSUMÉ.

En terminant ce rapport, qui, malgré son étendue, ne donne peut-être pas une idée suffisante de l'importance de l'exposition de la Classe 64, nous croyons devoir en résumer brièvement les lignes générales.

Depuis l'Exposition de 1889 la production de tous les métaux a pris un développement considérable; pour un grand nombre d'entre eux, elle a sensiblement doublé; pour d'autres, tels que le nickel et l'aluminium, elle est de sept à huit fois plus importante qu'elle ne l'était il y a une dizaine d'années. Aucun procédé métallurgique d'un intérêt de premier ordre ne s'est révélé cependant; le développement de la production doit être attribué principalement à l'augmentation de la puissance des appareils employés. C'est surtout dans la sidérurgie que ce phénomène s'est manifesté avec toute son ampleur; l'Exposition de 1900 en fournissait à cet égard d'éclatants exemples. Elle faisait ressortir également l'importance pratique des études faites, au cours de ces dernières années, en vue de modifier utilement les propriétés du fer, soit en l'alliant à d'autres métaux, tels que le nickel, le chrome, le molybdène, etc., soit en utilisant plus complètement qu'on ne l'avait fait les propriétés de ses dérivés connus depuis longtemps, tels que les aciers au carbone. A ce double point de vue, les sections française et suédoise présentaient un intérêt tout particulier.

La métallurgie des métaux autres que le fer était loin d'être aussi complètement représentée, surtout dans la section française de la Classe 64 : néanmoins, cette section témoignait hautement de la puissance des moyens d'élaboration dont disposent les usines de notre pays.

Malgré certaines lacunes que nous avons signalées, l'ensemble de l'exposition de la Classe 64 mettait en évidence, d'une manière bien caractéristique, le rôle de premier ordre que joue l'industrie métallurgique dans le développement général de la civilisation.

CLASSE 65

Petite métallurgie.

RAPPORT DU JURY INTERNATIONAL

PAR

M. DUFRÊNE

ANCIEN JUGE AU TRIBUNAL DE COMMERCE DE LA SEINE,
MEMBRE DE LA CHAMBRE DE COMMERCE DE PARIS.

IMPRIMERIE NATIONALE.

COMPOSITION DU JURY.

BUREAU.

MM. Pinard (Alphonse), maître de forges, Forges et fonderies de Sougland (Aisne), président du Syndicat général des fondeurs en fer de France et de l'Alliance syndicale du commerce et de l'industrie, *président*..... France.

Wahlberg (Axel), ingénieur des mines, directeur du Laboratoire pour l'étude pratique des propriétés de matériaux de construction, *vice-président*..... Suède.

Dufrêne (Armand), ancien juge au Tribunal de commerce de la Seine, membre de la Chambre de commerce de Paris; de la maison Dufrêne, Jaquemet et Mesnet (fermetures métalliques et constructions en fer), médaille d'or en 1889, *rapporteur*..... France.

Cazaubon (Alfred), ancien ingénieur des ponts et chaussées, fabricant de robinetterie (maison Cazaubon et fils), médaille d'or en 1889, *secrétaire*..... France.

JURÉS TITULAIRES FRANÇAIS.

MM. Boas (Alfred), ingénieur des arts et manufactures, maison A. Boas, Rodrigues et Cie (ustensiles de ménage), membre du jury des récompenses en 1889..... France.

Dufayet (Jean), chaudronnerie, président de la Chambre syndicale des vieux fers et métaux..... France.

Fontaine (Henri), de la maison L. et H. Fontaine (quincaillerie et serrurerie de bâtiments), médailles d'or en 1878; hors concours, Paris 1889. France.

Gérard (Albert), administrateur délégué des boulonneries de Bogny-Braux, membre du jury des récompenses en 1889..... France.

Haffner (Octave), fabricant de coffres-forts, médailles d'or, Paris 1878 et 1889..... France.

Peugeot (Eugène), de la maison Les fils de Peugeot frères (taillanderie), grand prix, Paris 1889..... France.

Thomas (Georges), ingénieur des arts et manufactures, juge au Tribunal de commerce de la Seine, de la maison Barbot et Thomas (serrurerie et ferronnerie)..... France.

Turbot (Jules), chaînes et ancres, membre de la Chambre de commerce de Valenciennes, médaille d'or en 1889..... France.

JURÉS TITULAIRES ÉTRANGERS.

MM. Rumpf..... Allemagne.

Retzinger, directeur de l'École industrielle, à Steyr..... Autriche.

Disdier (Don Henrique), ingénieur des ponts et chaussées ..... Espagne.

Head (Franklin-H.)..... États-Unis.

Bennett H. Brough..... Grande-Bretagne.

Edvi-Illes (Aladar de), professeur à l'École des arts et métiers, à Budapesth..... Hongrie.

Lebedkine (Jean), ingénieur..... Russie.

JURÉS SUPPLÉANTS FRANÇAIS.

MM. Gabelle (André), constructeur-serrurier à Marseille..... France.
Grodet (Émile), appareils de bains, de chauffage et d'hydrothérapie, président de la Chambre syndicale de la chaudronnerie..... France.
Lelièvre (Alexandre), président de la Chambre de commerce de Sens, administrateur délégué de la Société anonyme de produits métalliques de Sens..... France.
Wesbecher (Émile), fabricant de meubles en fer..... France.

JURÉ SUPPLÉANT ÉTRANGER.

M. Greiner (Émile), ingénieur à Mariemont..... Belgique.

EXPERT.

M. Larivière (Pierre), ingénieur civil des mines..... France.

PETITE MÉTALLURGIE.

EXPOSÉ PRÉLIMINAIRE.

La petite métallurgie comprend l'ensemble des produits des ateliers de dénaturation qui transforment les métaux usuels en objets manufacturés de toute nature pour l'usage des industries mécaniques, de la construction en général et de l'économie domestique.

Pour la première fois, une classe spéciale a été réservée à la petite métallurgie. Jusque-là, dans les expositions antérieures, elle était confondue dans la classe uniqus des produits des mines et métaux; mais, depuis 1889, l'industrie métallurgique et l'exploitation des mines ont pris un tel développement, qu'une subdivision s'imposait. C'est ainsi que cette classe unique a été transformée en un groupe, le groupe XI, comprenant trois classes distinctes :

1° Exploitation des mines, minières et carrières;

2° Grosse métallurgie;

3° Petite métallurgie.

La petite métallurgie est l'auxiliaire précieux de l'industrie mécanique. Il est peu, sinon point d'organes d'une machine quelconque qui ne se rattachent aux produits de la petite métallurgie. Et si l'on considère les progrès accomplis, durant ces dernières années, dans l'industrie en général, dans la traction mécanique et dans l'automobilisme en particulier, on comprendra les progrès réalisés, à son tour, par la petite métallurgie, qui a dû répondre à des besoins nouveaux, satisfaire à des programmes fort complexes et d'une réalisation souvent fort difficile.

On peut dire, sans crainte d'être taxé d'exagération, que l'état actuel de la petite métallurgie est très satisfaisant; que les progrès accomplis depuis 1889 sont considérables et que, dans cette branche d'industrie, la France occupe, parmi les nations concurrentes, une situation tout au moins fort appréciable qu'elle peut et doit conserver.

Dans bon nombre d'usines ou d'ateliers, l'outillage a été transformé en vue d'obtenir une production plus intense et partant moins coûteuse.

Produire à bon marché des objets d'un usage courant ou d'une utilité première est devenu, pour la plupart des fabricants, une nécessité impérieuse à laquelle ils se sont vite soumis; et si quelques-uns se trouvent encore aujourd'hui, sur ce point, moins favorisés que leurs rivaux étrangers, cet état de choses résulte davantage du prix de revient de la matière première que du coût de la fabrication proprement dite.

Après cet aperçu sommaire sur la situation générale de la petite métallurgie en 1900, et avant d'aborder l'examen des nombreux produits exposés dans la classe 65, il me paraît utile de donner un état du nombre des exposants et des récompenses décernées.

EXPOSANTS.

Le nombre des exposants s'est élevé à 639.

La répartition par nationalité est la suivante :

France	282	Report	515
Colonies	6	Japon	3
Allemagne	24	Luxembourg	2
Autriche	18	Maroc	1
Belgique	5	Mexique	4
Bulgarie	4	Norvège	3
Chine	2	Pays-Bas	1
Corée	1	Portugal	22
Équateur	3	Roumanie	23
Espagne	5	Russie	38
États-Unis	34	Finlande	2
Grande-Bretagne	46	Serbie	3
Grèce	5	Siam	1
Hongrie	64	Suède	16
Italie	16	Suisse	5
A reporter	515	Total	639

RÉCOMPENSES.

Aux termes de l'article 81 du règlement général le jury de classe devait dresser :

1° Une liste des exposants mis hors concours par application de l'article 89; 2° une liste, par ordre de mérite et sans distinction de nationalités, des récompenses à décerner aux exposants; 3° une liste semblable à la précédente pour les collaborateurs, ingénieurs, contremaîtres et ouvriers qui se seraient distingués particulièrement dans la production d'objets remarquables figurant à l'Exposition.

1° EXPOSANTS HORS CONCOURS.

23 maisons exposantes, dont les chefs ou administrateurs avaient accepté les fonctions de juré, soit comme suppléants, ou bien encore comme experts désignés par le Jury, ont été mises hors concours :

Ce sont les maisons :

Barbot et Thomas	France.	Bricard frères	France.
Bergerot, Schwartz et Meurer	France.	Cazaubon et fils	France.
Boas, Rodrigues et Cie	France.	Dubois, Pinard et Cie	France.
Boulonnerie de Bogny-Braux	France.	Dufrêne, Jaquemet et Mesnet	France.

Fontaine frères et Vaillant...	France.
Grodet (Émile).....	France.
Haffner (Pierre) et Cie.....	France.
Kearney and Foote.....	États-Unis.
Larivière et Cie.....	France.
Millet et Delacommune.....	France.
Muller et Roger.....	France.
Peugeot frères (les fils de)...	France.
Société anonyme du Val d'Osne.	France.
Société anonyme des produits métalliques de Sens.....	France.
Société générale des cirages français.....	France.
Sohier (Georges).....	France.
Turbot (Étienne).....	France.
Wessbecher.....	France.
Krupp (Arthur).....	Autriche.
Compagnie coloniale d'exportation.....	Guinée française.

2° EXPOSANTS.

Il a été décerné aux exposants, autres que ceux mis hors concours, 573 récompenses qui se répartissent comme suit

Grands prix		27
Médailles	d'or	112
	d'argent	182
	de bronze	165
Mentions honorables		89
Total		575

Il nous a paru intéressant de faire un tableau récapitulatif de ces récompenses par nationalités :

NATIONS.	GRANDS PRIX.	MÉDAILLES D'OR.	MÉDAILLES D'ARGENT.	MÉDAILLES DE BRONZE.	MENTIONS HONORABLES.	TOTAUX.
France	19	53	85	63	34	254
Colonies françaises	//	//	//	1	3	4
Allemagne	2	9	10	3	//	24
Autriche	//	7	3	2	6	18
Belgique	//	1	2	1	1	5
Bulgarie	//	//	1	1	2	4
Corée	//	//	1	//	//	1
Équateur	//	//	//	2	1	3
Espagne	//	//	1	2	2	5
États-Unis	1	13	11	5	1	31
Grande-Bretagne	2	10	15	10	9	46
Grèce	//	//	1	2	2	5
Hongrie	1	7	15	29	//	52
Italie	//	//	5	5	5	15
Japon	//	//	1	2	//	3
Luxembourg	//	//	//	2	//	2
Maroc	//	//	1	//	//	1
Mexique	//	//	//	3	//	3

NATIONS.	GRANDS PRIX.	MÉDAILLES D'OR.	MÉDAILLES D'ARGENT.	MÉDAILLES DE BRONZE.	MENTIONS HONORABLES.	TOTAUX.
Norvège	//	//	2	1	//	3
Pays-Bas	//	1	//	//	//	1
Portugal	//	//	5	9	6	20
Roumanie	//	//	6	6	7	19
Russie	1	5	11	9	7	33
Serbie	//	//	//	1	2	3
Siam	//	//	1	//	//	1
Suède	1	6	1	5	1	14
Suisse	//	//	4	1	//	5
TOTAUX	27	112	182	165	89	575

3° COLLABORATEURS.

Estimant que les prescriptions du règlement relatives aux récompenses à accorder aux collaborateurs devaient recevoir une application aussi large que possible, le Jury a décerné 227 récompenses qui se répartissent ainsi :

Grands prix		1
Médailles	d'or	14
	d'argent	50
	de bronze	118
Mentions honorables		77
TOTAL		260

La répartition par nationalités est la suivante :

NATIONS.	GRANDS PRIX.	MÉDAILLES D'OR.	MÉDAILLES D'ARGENT.	MÉDAILLES DE BRONZE.	MENTIONS HONORABLES.	TOTAUX.
France et colonies	1	12	39	71	40	163
Allemagne	//	//	1	2	1	4
Bulgarie	//	//	//	1	//	1
États-Unis	//	//	4	6	2	12
Grande-Bretagne	//	//	1	9	3	13
Hongrie	//	//	2	21	24	47
Italie	//	//	//	1	//	1
Portugal	//	//	//	1	//	1
Roumanie	//	//	//	1	//	1
Russie	//	1	3	5	7	16
Suède	//	1	//	//	//	1
TOTAUX	1	14	50	118	77	260

CLASSEMENT DES PRODUITS.

Les produits de la petite métallurgie sont des plus nombreux et des plus variés. Un classement s'imposait et nous adopterons l'ordre établi par le Comité d'admission qui, au début même de ses travaux, avait groupé entre eux et rapproché ceux des objets présentant une analogie d'origine ou d'application.

L'observation de cette méthode nous a conduit aux subdivisions suivantes, qui formeront autant de chapitres :

1° Fonderie;
2° Pièces de forge, boulonnerie et visserie, chaînerie;
3° Tréfilerie et industries qui en dérivent;
4° Taillanderie, outils divers;
5° Quincaillerie, serrurerie;
6° Coffres-forts;
7° Fermetures métalliques;
8° Chaudronnerie;
9° Robinetterie, fonte de bronze; cloches et timbres;
10° Ferblanterie, ustensiles de ménage;
11° Métaux précieux;
12° Métaux ouvrés divers, meubles et lits en fer, ferronnerie d'art.

I

FONDERIE.

L'industrie de la fonderie s'est considérablement développée depuis 1889. Les nouveaux procédés de chauffage, le goût du public pour les cheminées et les poêles de luxe revêtus d'émail céramique et de ferrures nickelées, bronzées ou polies, d'aspect agréable et d'un entretien facile, ont amené les usines des Ardennes à porter leurs efforts sur ce genre de fabrication. Mais il fallait que ces objets fussent établis à un prix relativement peu élevé; c'était, comme pour beaucoup d'articles de consommation, une condition essentielle. Aussi, pour arriver à ce résultat, les fabricants ardennais n'ont pas hésité à modifier leurs méthodes de fabrication, à compléter leur outillage mécanique par la création et l'adjonction de machines à mouler, d'ateliers d'émailleries et par l'emploi de procédés nouveaux d'émaillage (dont nous avons trouvé un si remarquable spécimen dans l'exposition de la maison Dubois, Pinard et Cie), de nickelage et d'électrolyse. Tous ces perfectionnements n'ont point été limités aux seuls appareils de chauffage, ils ont trouvé aussi leur application aux fontes de ménage, de bâtiment et d'ornement ainsi qu'aux appareils sanitaires.

Les fontes mécaniques sont également en grand progrès. Il en est de même pour la fonte malléable et celles des pièces en acier coulé, dont la légèreté et la grande résistance sont appréciées par l'industrie mécanique et la fabrication des automobiles.

La fonderie de cuivre et de bronze a suivi le même mouvement, mais d'une façon peut-être moins intense.

FONTES MOULÉES ET ÉMAILLÉES.

France. — Nous citerons tout d'abord les Forges et fonderies de Sougland, Fourmies et Pas-Bayard qui sont depuis plus de trente ans la propriété de la famille Pinard, et qui sont exploitées actuellement sous la raison sociale : Dubois, Pinard et Cie.

L'usine de Sougland, située commune de Saint-Michel (Aisne), occupe un personnel de 650 ouvriers; elle est actionnée par 2 turbines de la force de 240 chevaux et 2 machines à vapeur d'un rendement équivalent; elle comprend 4 cubilots, 2 fours d'émaillerie, des ateliers de modelage, d'ajustage, de nickelage, de bronzage, d'étamage, de décors sur fonte; une tôlerie, une fonderie de cuivre et de zinc.

La production annuelle s'élève à 4,000 tonnes de fonte de seconde fusion, principalement en appareils de chauffage dits « de luxe », c'est-à-dire comportant des soins et des procédés spéciaux de montage et d'ornementation.

Les fontes de Sougland sont réputées pour la beauté et le fini de leur moulage. Dans ces dix dernières années, le nombre des modèles et la production ont presque doublé; la superficie de l'usine a été considérablement augmentée et de nombreux perfectionnements ont été apportés à l'outillage. L'émail appliqué mécaniquement, grâce à un procédé breveté dû aux recherches de M. A. Dormoy, directeur général, et dont nous donnerons plus loin un rapide aperçu, a été substitué à l'émaillage à la main; les opérations sont plus rapides, plus régulières et mettent les ouvriers complètement à l'abri de l'intoxication par les compositions à base de plomb indispensables actuellement à l'émail artistique sur fonte. Nous ne saurions trop féliciter MM. Dubois, Pinard et Cie du but humanitaire et élevé qu'ils ont poursuivi en encourageant ces recherches faites en vue de la santé de leur personnel ouvrier.

La forge de Pas-Bayard, à quatre kilomètres d'Hirson (Aisne), comprend : 11 fours dormants à deux batteries, 2 fours à recuire en vase clos, 1 four à souder, 1 train dégrossisseur et 3 laminoirs à tôle actionnés par une roue hydraulique et une machine à vapeur de 100 chevaux. Elle occupe une centaine d'ouvriers et produit 1,200 tonnes de tôles fines de fer et d'acier renommées pour leur qualité.

L'usine de Fourmies manufacturait spécialement les articles de tôlerie, les fourneaux tôle et fonte. Cette fabrication vient d'être ramenée à Sougland par suite de l'extension nouvelle donnée à cet établissement.

Enfin un dépôt général, à Paris, de tous les produits des usines permet l'approvisionnement immédiat de toute la région parisienne et des départements en rapports plus directs avec cette région.

L'exposition des Forges et fonderies de Sougland était des plus remarquables et des mieux présentées; les types les plus récents et les plus élégants de leur collection formaient un ensemble du meilleur effet. Cette belle exposition était mise hors concours par suite des fonctions de président du Jury de la Classe 65 exercées avec tant d'autorité et d'aménité par M. Alphonse Pinard, l'un des membres de la société.

Frappé des très graves dangers qu'offrait pour la santé des ouvriers le mode actuel d'émaillage de la fonte, M. Albert Dormoy, directeur des Forges et fonderies de Sougland, a recherché le moyen d'empêcher la poussière d'émail de se répandre dans l'air ambiant durant toutes les opérations de l'émaillage. Nous pouvons dire qu'à l'aide de la machine qu'il a inventée, M. Dormoy paraît avoir résolu le problème qu'il s'était posé. Nous n'entreprendrons pas de décrire cette machine, cela dépasserait les bornes de notre travail, nous citerons seulement les caractères principaux de cette invention, qui consistent : 1° dans l'établissement d'une cage hermétique, à parois partiellement transparentes, dans laquelle règne une dépression rendant impossible tout dégagement de poussières toxiques, et dans laquelle se fait l'opération d'émaillage; 2° dans un procédé d'aspiration et de ventilation simultanées supprimant une manutention dangereuse de l'émail et le débarrassant des poussières nuisibles au tamisage et à la conduite de l'émaillage; 3° dans un plateau tournant et oscillant, manœuvrant de l'extérieur de la cage et retenant sur lui les produits à émailler, soit par procédé électrique, soit par procédé mécanique spécialement réservé; 4° dans un frein à ressort employé pour maintenir le plateau tournant dans une inclinaison quelconque; et 5° dans un tamis distributeur à toiles superposées et frappeurs électriques. Le Jury a vivement félicité M. Dormoy de son invention et lui a attribué un grand prix à titre de collaborateur.

Les établissements Deville, Paillette, Forest sont situés à Charleville (Ardennes). Fondés en 1860 par MM. Corneau frères, ils sont dirigés par MM. Deville et Paillette depuis 1886. Entrevoyant l'essor industriel et commercial qui résulterait de la substitution du moulage mécanique au moulage à la main, ces derniers n'hésitèrent pas à construire les premières grandes machines de leur système pour les pièces plates et demi-plates. Persévérant dans son initiative, M. Deville perfectionna son invention et créa la machine à mouler les pièces à noyau. C'est ainsi que furent construites les machines à mouler les poêles à socle et les buanderies. Ces appareils fonctionnent par pression atmosphérique, le réglage se fait à volonté. La compression s'opère à l'intérieur des sables, pour la pièce à noyau, au moyen de tubes élastiques qui se retirent automatiquement après chaque opération.

En outre de ces divers perfectionnements, ces messieurs sont aussi les auteurs d'une machine à broyer les émaux sans poussière. Nous devons les féliciter de leurs recherches à mettre l'ouvrier broyeur d'émaux, dont le métier est réputé si dangereux, à l'abri de toute poussière nocive.

Tous ces efforts ne devaient pas rester sans résultat, et aujourd'hui les établissements Deville, Paillette et Forest fondent annuellement, en articles légers, le chiffre de 11,000 tonnes. Leur exposition présentait un ensemble de produits très variés de la

fonderie de seconde fusion; bon nombre étaient recouverts de décors pour lesquels on a utilisé les ressources de la peinture, de l'émaillerie et de l'électrolyse des métaux, bronzage, nickelage, etc.

Le Jury en a reconnu les mérites en décernant à MM. Deville, Paillette et Forest un grand prix.

M. Henri Faure, à Revin (Ardennes), a présenté des articles à peu près similaires; mais il n'a soumis à l'examen du Jury de la Classe 65 qu'une partie seulement des produits de la fabrication de ses usines. Les appareils de cuisine et de chauffage figuraient dans la Classe 74.

La maison Henri Faure, qui a été fondée en 1855, emploie actuellement 877 ouvriers. En dehors des appareils de chauffage et de cuisine, elle produit des fontes de ménage, de bâtiment et d'ornement, des appareils sanitaires et des articles funéraires; elle s'occupe également de cuivrerie et de robinetterie, d'ustensiles de ménage en tôle galvanisée, de boutons de portes émaillés à tige à rallonge variable, d'émaux céramiques brevetés. C'est dire que la nature de l'industrie de cette importante maison est des plus complexes. Les nombreux modèles créés depuis 1889 et les spécimens présentés d'émaux céramiques transparents sur fonte (brevetés) qui ne laissaient rien à désirer comme fini d'exécution, ont retenu l'attention du Jury, qui a décerné à M. Henri Faure une médaille d'or.

Les établissements de M. Henri Morel, maître de forges, comprennent l'usine hydraulique de Saint-Nicolas, près Rocroy (Ardennes), créée en 1812 par la famille de M. H. Morel, et la fonderie de Revin datant de 1854. Deux grandes fonderies de seconde fusion, des ateliers de montage, d'ajustage et de nickelage, d'émaillerie, d'étamerie, des fours à souder et à puddler, des laminoirs à tôles, occupent un personnel de 350 ouvriers.

La production des fonderies est des plus variées : appareils de chauffage et de ménage, projectiles de tous calibres livrés par quantités importantes au service de l'artillerie. L'exposition de M. Henri Morel était des plus intéressantes, tant par sa variété que par le soin apporté à la fabrication.

Depuis 1889, parmi les perfectionnements apportés aux produits et à l'outillage des usines, nous devons signaler : un système d'appareil mobile ou fixe pour le chauffage; un nouveau moyen de production de l'oxyde magnétique sur le fer ou sur la fonte de fer par l'application, sur ces métaux, d'oxydes métalliques instables; une nouvelle boîte à noyaux évitant les retraits si fréquents au culot des nouveaux obus de 75 millimètres; des plaques modèles donnant plus de régularité aux pièces et une économie sensible au moulage.

Le Jury a attribué à l'ensemble de l'exposition de M. Henri Morel une médaille d'or.

Avec les Usines du Pied-Selle, à Fumay (Ardennes), nous aurons passé en revue les principaux établissements faisant partie d'un même groupe. Fondées en 1854 par M. Eugène Boucher et MM. Vieillard, Migeon et Cie, les Usines du Pied-Selle fabriquent les appareils de chauffage, fourneaux de cuisine, appareils sanitaires et tous les objets

en tôle ou en fonte brute, émaillée, étamée, nickelée, marbrée, qui trouvent leur emploi dans le ménage ou le bâtiment. Elles occupent plus de 600 ouvriers.

Les produits exposés dans la Classe 65 consistaient notamment en boutons de meubles et de serrures creux en fonte émaillée, dont la fabrication a été créée et brevetée au Pied-Selle. Il faut encore citer, comme création originale, la poterie hygiénique étamée, vernie, dite «poterie Boucher».

Ces établissements ont annexé à leur fabrication les appareils sanitaires pour le tout à l'égout, la poterie oxydée inaltérable et les fourneaux de cuisine avec devanture en émail céramique imitant la faïence.

Indépendamment de ces récentes fabrications, la Société du Pied-Selle a apporté divers perfectionnements aux appareils de chauffage et sanitaires; mais ils dépendent davantage de la compétence des Classes de chauffage et d'appareils sanitaires que de la classe qui nous occupe. Nous ne nous y arrêterons donc pas davantage. La variété des fabrications des Usines du Pied-Selle les a amenées à exposer dans diverses classes.

Pour les objets soumis à son examen, le Jury a accordé aux Usines du Pied-Selle une médaille d'or.

Parmi les usines de Champagne, nous mentionnerons la Société des hauts fourneaux et fonderies du Val-d'Osne (M. Henri Hanoteau, administrateur délégué), qui fabrique spécialement des fontes d'art et d'ornement. Les produits du Val-d'Osne jouissent d'une réputation légitimement méritée par l'excellente exécution et le fini de ses moulages. Le nombre de ses modèles est considérable (40,000) : fontaines monumentales, statues, groupes d'animaux, colonnes, candélabres, balcons, balustrades, et, en général, tout ce qui se rattache à la décoration des promenades publiques, des jardins et des bâtiments. Elle s'occupe aussi des fontes cuivrées par la galvanoplostie pour l'éclairage des villes et des particuliers. Son exposition, qui renfermait les types les plus intéressants de sa collection, était hors concours par suite de la présence de l'un de ses administrateurs, M. Henri Fontaine, dans le Jury de la Classe.

Deux collaborateurs de la Société, M. Duranton, ingénieur des arts et manufactures, sous-directeur technique, et M. Vigneron, directeur des usines du Val-d'Osne, ont obtenu l'un et l'autre une médaille d'argent.

La nature de l'industrie des Établissements métallurgiques de A. Durenne (M. Poinsat, administrateur délégué) est très sensiblement la même que celle du Val-d'Osne; les usines de Sommevoire, de Wassy, de Bar-le-Duc et de Paris-Auteuil occupent 950 ouvriers. Ce chiffre, par lui-même, donne une idée suffisante de l'importance de cette maison, très ancienne d'ailleurs, puisque sa fondation remonte à 1847. A la fabrication de la fonte de fer de tous genres pour le bâtiment, le mobilier d'églises, les monuments religieux et funéraires et pour l'ornementation des places publiques et des jardins, elle a adjoint le cuivrage par procédé spécial de la fonte de fer et de tous métaux. Depuis 1889, l'usine de Bar-le-Duc a subi une transformation complète. L'ancienne machinerie a été remplacée par des outils modernes actionnés par l'électri-

cité; une émaillerie pour l'émaillage des tuyaux de conduites d'eau et des tuyaux de descente à joints spéciaux a été installée de toutes pièces.

Cette belle exposition a été vivement appréciée par le Jury, qui a décerné un grand prix à la maison Durenne et qui a accordé, en outre, à M. Linder, directeur des usines de Bar-le-Duc, et à M. Chabillard, directeur des usines de Sommevoire, une médaille d'argent de collaborateur.

MM. A. Salin et Cie sont propriétaires et exploitants des deux usines de Dammarie-sur-Saulx et d'Écurey, par Montiers-sur-Saulx (Meuse), qui occupent en moyenne 350 ouvriers. L'usine de Dammarie comprend une fonderie et un atelier de construction. La fonderie fabrique la poterie, la poêlerie, les fontes mécaniques et, plus particulièrement, les pièces de grandes dimensions et de forts poids, tels que cylindres de locomotives et de machines fixes à simple et double enveloppe de vapeur.

Un perfectionnement important a été apporté dans la fabrication des cylindres par la suppression des masselottes à la partie supérieure des corps cylindriques. Des dispositions spéciales de coulée qui constituent ce procédé permettent d'obtenir sans défauts les corps cylindriques et toutes autres parties du cylindre, ainsi que les tables de tiroirs qui en sont l'une des parties essentielles; les barrettes de la distribution deviennent, à l'usage, bien moins sujettes à la rupture.

La fonderie de Dammarie exposait, comme spécimen, un cylindre double du type *Grande-Ceinture de Paris* tout à fait remarquable comme exécution.

Elle y avait joint un type réduit de volant, une valve à gaz, des boîtes à graisse. Tous ces objets étaient entièrement ajustés et prêts à mettre en place, et ce, afin de donner une idée de la façon de faire des ateliers de constructions annexés à la fonderie pour la fabrication du matériel spécial de chemins de fer. L'outillage de ces ateliers permet de tourner des volants mesurant 1 m. 80 de largeur de jante et 9 mètres de diamètre.

La remarquable exposition de MM. A. Salin et Cie comprenait aussi les produits de l'usine d'Écurey, qui s'occupe exclusivement de fonte et de bronze d'art et de fontes ornementées diverses. Des motifs de balustrades, de rampes d'escaliers, d'ornementation religieuse et funéraire, différentes statues en fonte, en bronze et en fonte cuivrée de grandes et moyennes dimensions, d'un dessin réussi et d'une exécution soignée, complétaient cette exposition très bien présentée, à laquelle le Jury a attribué une médaille d'or.

MM. Wackentheler, directeur de l'usine de Dammarie, et Pierrot, directeur de l'usine d'Écurey ont obtenu une médaille d'argent de collaborateurs.

Les Usines de Rosières (Cher), dont M. L. Dupuis est l'administrateur délégué, produisent principalement des buanderies et de la poterie de ménage; elles ont joint à cette fabrication l'article de chauffage et de la poêlerie d'un usage courant. Elles exploitent trois branches distinctes : 1° des minières de fer qui leur fournissent les minerais réputés du Berry; 2° deux hauts fourneaux pouvant produire chacun 20 à 22 tonnes de fonte au coke et au charbon de bois par vingt-quatre heures; 3° quatre

cubilots qui fonctionnent à tour de rôle deux par deux et qui peuvent produire de 9,000 à 10,000 kilogrammes par heure. Les minerais et les fontes brutes sont exclusivement réservés à la consommation. Ces diverses exploitations occupent un personnel ouvrier s'élevant au chiffre moyen de 750. Les usines comprennent, en outre, un atelier d'émaillage et un four d'inoxydation pour la poterie.

Un grand développement a été apporté à la fabrication mécanique de la poterie depuis 1889.

Les produits de Rosières sont justement réputés. La Société a reçu une médaille d'or et M. Bousseau, ingénieur en chef, une médaille d'argent de collaborateur.

La maison Édouard Plichon et ses fils, à Paris, exposait pour la première fois. Elle présentait deux branches distinctes de son industrie : 1° la fonderie de fer, et 2° la fonderie d'acier. Les procédés de fabrication employés par cette maison lui ont permis d'obtenir en fonte de fer, comme minimum de résistance au choc, jusqu'à 0 m. 70 et 0 m. 80 de hauteur de chute, et 23 à 25 kilogrammes, comme résistance à la traction; en fonte d'acier, avec l'acier moulé, des résistances égales à celles du fer forgé. Au choc, les éprouvettes ne rompent pas, et on les plie facilement à bloc à froid; à la traction, 50 kilogrammes par millimètre carré avec un allongement de 25 à 30 p. 100. Cet acier se soude et se forge comme le fer; au point de vue magnétique, il offre un excellent rendement, qualité appréciable pour l'industrie électrique. Le Jury a accordé à la maison Ed. Plichon et ses fils une médaille d'or.

Une récompense semblable a été attribuée à la Société des chéneaux et tuyaux en fonte, système J. Bigot-Renaux, qui exposait divers spécimens de la fabrication de son usine de la Grande-Forge, à Laneuville-Saint-Joire (Meuse), notamment des chéneaux, tuyaux et autres fontes moulées et émaillées. Tous ces produits, parfaitement compris au point de vue de leur utilisation, étaient d'exécution soignée. Depuis 1889, la Société a augmenté sensiblement sa production. Elle exposait également à la Classe 28, Génie civil.

Les Héritiers Paradis, à Hautmont (Nord), présentaient de la poterie de fonte de fer moulée et des ustensiles de chauffage. C'est une ancienne maison dont la fondation remonte à 1846 et qui occupe aujourd'hui 120 ouvriers. Les produits de sa fabrication sont excessivement variés. Comme nombre de maisons similaires, elle emploie aujourd'hui les machines à mouler et les modèles en métal.

Le Jury lui a décerné une médaille d'argent.

Sections étrangères. — L'industrie de la fonte de fer moulée comprenait, dans la section *autrichienne*, deux usines importantes.

Les Usines et mines princières archiépiscopales d'Olmutz, à Friedland (Moravie), emploient 840 ouvriers; elles exposaient principalement des fontes ornementées et décorées pour poêles. Les objets présentés étaient remarquables comme fini d'exécution. Le Jury leur a décerné une médaille d'or.

La maison Waagner, à Vienne, s'occupe de fonte pour bâtiment. Le modèle en ré-

duction qu'elle présentait de l'église bulgare, à Constantinople, exécutée entièrement en fonte de fer ornementée, donnait une idée parfaite de l'importance et des difficultés du travail exécuté. Le Jury en a apprécié les mérites en décernant une médaille d'or à la maison Waagner.

La *Russie* était, après la France, la nation la mieux représentée comme produits de la fonderie de fer. Si l'on considère, en effet, l'important domaine forestier de la Russie et la richesse de ses minerais, on s'explique la prospérité de cette industrie et la qualité des produits due principalement à l'emploi du charbon de bois comme combustible.

Les Usines métallurgiques de Kyschtym, gouvernement de Perm, sont, comme la plupart des établissements similaires situés en Russie, de fondation ancienne et occupent un nombre considérable d'ouvriers.

Tant au point de vue du moulage que de la qualité de la fonte, les objets exposés étaient tout à fait remarquables. Les Usines de Kyschtym fabriquent une grande quantité de poteries et d'ustensiles de ménage, tels que : buanderie, chaudrons, théières, etc. Les reproductions de pièces d'art dont le fini d'exécution ne laisse rien à désirer sont une des spécialités de ces établissements.

Les analyses de fonte de moulage des Usines de Kyschtym ont donné les résultats suivants :

		I	II	
Fer		95,450	94,177	
Mn		0,180	0,425	
Si		0,514	0,562	
C. combiné	3,49	1,460	1,644	4,174
Graphite		2,030	2,530	
Ph		0,350	0,642	
S		0,016	0,020	
Total		100,000	100,000	

La production annuelle desdites usines est considérable. Rien qu'en petits objets d'art, elles fabriquent environ 22,000 pièces du poids total de 20 tonnes. Le nombre des ouvriers employés est de 1,500.

Le Jury a décerné à cette remarquable exposition un grand prix, et une médaille d'or de collaborateur à M. Korpinsky, ingénieur des usines.

Les Usines métallurgiques de l'Oural, appartenant à la Couronne, exposaient à la fois à la Classe 64 et à la Classe 65.

Elles comprennent 13 établissements et emploient 22,000 ouvriers. Les produits soumis à l'examen du Jury de la petite métallurgie et ressortissant de la fonderie provenaient des usines de Kousink. La souplesse de la fonte était absolument remarquable. Le spécimen exposé, un escalier entièrement construit en fonte de fer au bois, dont le moulage et le montage étaient très soignés, en fournissait la meilleure démonstra-

tion. Des obus en fonte truitée étaient également présentés, ainsi que divers objets en fonte malléable, de qualité excellente, provenant de l'usine de Votkinsk. Nous aurons à rappeler ces usines dans un autre chapitre. Le Jury a attribué une médaille d'or à l'ensemble de cette exposition.

La Société anonyme des hauts fourneaux de Toula, à Moscou, exposait également dans la Classe 64. Ces usines sont de fondation récente (1895) et occupent 3,400 ouvriers. Notre examen se bornait aux moulages de la seconde fusion et, par suite, aux radiateurs présentés qui offraient tous les caractères d'une bonne fabrication. La Société a reçu une médaille d'argent.

Les établissements du Général-major E. Pogogev sont situés à Kalouga et remontent à 1734. Ils font partie de cette catégorie d'usines qui, depuis longtemps, se sont spécialisées dans la fonte d'ustensiles de ménage. La qualité du métal des objets exposés était parfaite et le moulage soigné. Le Jury a aussi remarqué des spécimens de fonte émaillée de bonne qualité et a décerné à cette exposition une médaille d'argent.

Une seule maison *suisse*, la maison A. Oehler et Cie, à Aarau, figurait dans la section des fontes moulées. MM. Oehler et Cie s'occupent principalement de constructions mécaniques et de matériels de transports. Les produits présentés : fonte de fer moulée, acier fondu soudable et acier coulé direct, sont de bonne fabrication. Cette maison a obtenu une médaille d'argent.

Mexique. — Le Mexique exposait pour la première fois des moulages de seconde fusion. Cette industrie est encore en formation, cependant les progrès sont remarquables et il existe un effort industriel à signaler. Les nouveaux établissements ont été créés à l'aide des capitaux étrangers provenant des États-Unis principalement; ils sont dirigés par des ingénieurs de même origine.

La Compagnie nationale mexicaine hiero et acero (État de Durango), la Manufacture de fonderie de fer, à Monterrey (État de Nuevo Leon), l'Industrial mexicana (État de Chihuahua), ont présenté divers objets de fonte de fer de seconde fusion : balustrades, balcons, escaliers et autres ornements d'édifices publics et particuliers, matériel de fonderie. Le Jury a accordé une médaille de bronze à chacun de ces établissements.

FONTES MALLÉABLES.

Le procédé à l'aide duquel on obtient la fonte malléable est aujourd'hui bien connu. On sait qu'il consiste dans la décarburation plus ou moins profonde des objets en fonte moulée en les chauffant en vase clos au contact d'un mélange de sable et de minerai de fer non hydraté et en ajoutant des matières propres à atténuer l'action oxydante du minerai. Cette définition est classique et n'a aucun caractère de nouveauté.

L'emploi de la fonte malléable est des plus répandus. Depuis quelques années, les besoins de la fabrication du cycle et des automobiles ont étendu cette industrie à l'acier coulé au creuset et au fer fondu moulé qui offrent une plus grande résistance que la

IMPRIMERIE NATIONALE.

fonte malléable sous un poids moindre et qui tendent, par suite, à la remplacer. De sérieux progrès en ce sens ont été faits depuis 1889.

France. — Parmi les établissements qui se sont adonnés avec succès à ce genre de fabrication, nous citerons l'établissement Hardy-Capitaine et Cie, à Nouzon (Ardennes), détenteur pour la France et les colonies françaises du procédé de fusion et de moulage du fer fondu.

Parmi les nombreux spécimens exposés, nous signalerons notamment : les boîtes à graisses et à huiles en acier coulé pour voitures et wagons, beaucoup d'autres pièces des formes les plus diverses, d'un moulage particulièrement minutieux et d'une exécution parfaite. Cette maison, fondée en 1852, et dont les débuts ont été des plus modestes, emploie aujourd'hui 450 ouvriers. En dehors de la fonte moulée, elle s'occupe de grosse forge et ses établissements comprennent des ateliers de construction spéciaux au matériel roulant et fixe des chemins de fer et tramways. Son outillage industriel s'est notablement développé depuis 1889.

Le Jury a attribué à MM. Hardy-Capitaine et Cie un grand prix pour l'ensemble de leur exposition, et à deux de leurs collaborateurs, M. Compas, une médaille d'argent, et M. Tisseron, une médaille de bronze.

Une autre maison des Ardennes, M. Émile Guillet fils, à Vivier-au-Court, a présenté divers objets en fonte ordinaire et fonte malléable de bonne fabrication courante. La fonderie de M. Guillet est récente et a été adjointe à son établissement de ferronnerie fondé en 1857. M. E. Guillet a reçu une médaille d'argent.

M. Jovin Charlier, à Nouzon (Ardennes), exposait une collection de petites pièces de machines et d'ornements en fonte malléable et en acier coulé pour laquelle il a obtenu une médaille de bronze.

FONTES DE CUIVRE ET DE BRONZE.

France. — Parmi les établissements rentrant dans cette subdivision de la fonderie, nous citerons tout d'abord la maison Muller et Roger, dont les établissements sont situés à Paris et à Noyon (Oise). Cette importante maison exposait dans sept classes et elle présentait dans celle qui nous concerne des pièces diverses brutes en bronze, en métal-diamant à haute résistance et en cuivre jaune; des plaques tubulaires pour sucrerie, des cylindres lance-torpilles, des pièces d'affût, des robinets bruts en fonte de bronze et en métal-diamant. Ce bronze spécial, résultat d'un alliage particulier, se lamine et se forge. Sa résistance à la traction peut s'élever jusqu'à 40 et 42 kilogrammes, sa limite élastique, de 18 à 21 kilogrammes, et son allongement, de 20 à 40 p. 100.

La maison Muller et Roger occupe un grand nombre d'ouvriers tant à Paris qu'à Noyon. Elle fabrique des pièces de constructions mécaniques et de constructions navales, des appareils de distribution d'eau ainsi que de la robinetterie pour appareils à

vapeur; elle s'est fait une spécialité de la robinetterie en général. L'exposition de MM. Muller et Roger se trouvait hors concours, l'un des associés faisant partie des membres du Jury.

La Société coopérative des fonderies, laminoirs et tréfileries de Rugles (Eure) avait une très belle exposition. Fondée en 1855, par MM. Lemaréchal et Cie, reprise en 1879, par M. Hemerdinger, cette maison occupe aujourd'hui 300 à 350 ouvriers, et a pris une réelle extension. A la fonderie sont adjoints le laminage, le tréfilage, l'étirage, le découpage et la pointerie du cuivre et de ses alliages, tels que laiton, demi-rouge, tombac et maillechort. Elle fait aussi les planches et les flancs pour tous usages et spécialement pour les cartouches de guerre. Les produits de la tréfilerie étaient remarquables, aussi bien par leur variété que par le fini de leur exécution; ceux de la clouterie ne laissaient rien à désirer. Le Jury a décerné à la Société pour l'ensemble de sa belle exposition un grand prix et une médaille d'argent de collaborateur à M. Masset, directeur de l'usine.

Venait ensuite la Société anonyme des usines de navarre, à Évreux (anciens établissements Chauvel), M. Henry Fauchet, administrateur délégué. Cette maison, fondée en 1838, occupe 300 ouvriers dans ses divers ateliers de fonderie et de laminage de cuivre, de fabrication d'articles ouvrés en cuivre, fer, acier, nickel, aluminium et autres métaux. Elle présentait quantité d'objets les plus divers à l'usage de la quincaillerie, de la mercerie, de la tapisserie, des fabricants de pianos et des fabricants de parapluies. Son matériel, destiné aux travaux de découpage, d'emboutissage et d'estampage, a été transformé en grande partie depuis 1889 et remplacé par des machines spéciales à grand débit.

Le Jury a décerné à la Société une médaille d'or et a accordé une médaille d'argent à M. Lyonnais, ingénieur-directeur de usines de Navarre.

Les fils d'Adolphe Mougin, d'Héricourt (Haute-Saône), ont présenté quelques échantillons de leur fabrication qui est des plus variées : machines-outils, constructions métalliques, boulons, rivets, décolletage pour pièces d'horlogerie, etc. Nous ne nous occuperons ici que des objets concernant la fonderie de bronze, de cuivre et d'aluminium. Les pièces destinées aux automobiles étaient d'un moulage soigné et présentaient tout le caractère d'une bonne fabrication.

Le Jury a attribué à cette exposition une médaille d'argent.

La Fonderie de Vincennes, à Vincennes, est de fondation récente (1890). Cet établissement s'est fait une spécialité de la fabrication des plaques avec lettres en relief et à fonds guillochés pour marques et adresses de constructeurs. Il s'occupe également de la fonte en laiton ou bronze des pièces mécaniques de toutes grosseurs.

Le Jury a remarqué un spécimen de fonte de cuivre rouge pur, sans alliage, métal dénommé *Lagaly,* qui, en raison de sa haute conductibilité et de sa constitution moléculaire très dense, peut être utilement appliqué dans l'industrie électrique, à la construction de collecteur de dynamos, par exemple. Il peut aussi recevoir son utilisation dans l'industrie mécanique ou dans la fonderie d'art.

L'ensemble de son exposition a valu à la Fonderie de Vincennes une médaille d'argent.

Nous terminerons ce chapitre en citant l'exposition de M. Biès (Albert), de Paris, qui renfermait une collection d'alliages divers, de soudures variées, soudures de cuivre et d'argent à tous les titres, soudures d'aluminium, métal blanc et anti-friction.

Le Jury a attribué à cette intéressante exposition une médaille d'argent.

FOURS, CREUSETS.

Après avoir passé en revue les produits de la fonderie, il nous reste à nous occuper du matériel et des procédés de cette industrie.

Nous commencerons par la maison A. Piat et ses fils, à Paris. Cette importante maison, bien connue, exposait dans sept classes différentes. Son effort principal s'était porté sur la Classe 21 (mécanique générale). Dans la petite métallurgie, la maison Piat n'avait exposé qu'un spécimen de four oscillant avec cubilot creuset, et diverses pièces accessoires. Le four oscillant présente de sérieux avantages au point de vue de la commodité de la manœuvre des creusets et de l'économie du combustible.

Le cubilot creuset est la combinaison du four portatif, propriété de la maison, dont l'usage est déjà répandu, et du cubilot. Ce dernier, de dimensions restreintes, et ayant le fond percé d'un trou, vient se superposer sur le four et est porté, à cet effet, par une colonne creuse qui sert également de conduite de vent. Un robinet règle l'introduction du vent. Une vis soulage le poids du four pour permettre, une fois la fusion terminée, de lever légèrement le petit cubilot qui tourne alors facilement autour d'une douille *ad hoc*.

La fonte est introduite dans le cubilot par charge alternant avec le coke, comme dans les cubilots ordinaires; on souffle simultanément dans le cubilot et sous le four portatif.

Cet appareil permet de fondre 100 kilogrammes de fonte aciéreuse en trente minutes environ avec une dépense de 30 à 40 p. 100 de coke; dans ce cas, il est nécessaire de laisser tomber le métal dans le creuset chauffé également pour avoir une fonte bien chaude.

Si l'on coule des fontes siliceuses chaudes, on peut éviter la dépense du creuset en coulant directement le métal dans une poche, préalablement chauffée et garnie avec une forte épaisseur de terre. La quantité de coke employée descend à 16 p. 100.

Nous signalerons parmi les autres perfectionnements apportés par la maison Piat aux fours portatifs de leur invention, l'adjonction d'une *rehausse*. Le métal (cuivre rouge et ses alliages seulement) n'est plus introduit directement dans le creuset, mais bien dans cette rehausse qui supprime momentanément la paroi du creuset et qui permet à la flamme de venir lécher directement le métal et de le fondre beaucoup plus vite sans altérer la qualité.

Cette rehausse, qui a beaucoup d'analogie avec un creuset, est percée d'un trou

au centre du fond: sur le pourtour et à hauteur convenable, sont percées plusieurs autres ouvertures. La forme et les dimensions de ces ouvertures ont une certaine importance.

La totalité du poids du métal à fondre est versée successivement dans cette rehausse et le creuset n'a plus qu'à le recevoir et à entretenir une bonne chaleur de fusion.

Dès le commencement de l'action du vent dans l'intérieur du four, les flammes qui n'ont d'autres issues, viennent passer avec force par les ouvertures du pourtour de la rehausse et forment un puissant chalumeau qui chauffe la masse de métal et le fond bien vite.

On arrive, avec ce système, à fondre 100 kilogrammes de bronze en 15 à 16 minutes avec une moyenne de coke qui ne doit pas dépasser en marche normale 13 p. 100 C'est un résultat très appréciable dont il convient de féliciter les inventeurs. Cette rehausse est construite en deux pièces, afin de permettre le remplacement facile des parties usées.

Le Jury de la Classe 65 a attribué à la maison Piat et ses fils une médaille d'or pour les fours soumis à son examen.

La même récompense a été décernée à MM. Émile Muller et Cie, à Ivry, qui n'exposaient dans la Classe 65 que des creusets en plombagine. Cette industrie, pour laquelle la France était tributaire de l'Angleterre, a été fondée en 1872, en France, par M. Émile Muller. Depuis, des améliorations notables ont été apportées à cette fabrication, mais l'approvisionnement de la plombagine est toujours difficile, cette matière venant principalement de Ceylan, et l'Angleterre absorbant la presque totalité de la production.

Une médaille de bronze a été accordée à la maison Vachey fils, à Paris, pour son exposition de produits réfractaires et de creusets destinés à la fonderie de l'or, de l'argent, du platine et autres métaux précieux et aussi pour ses moufles et fours pour émaillerie.

M. Pinchart, à Paris, a obtenu une mention honorable pour des produits analogues.

Une médaille de bronze a été accordée à M. Curaudeau, à Paris, pour une collection variée d'outils de mouleurs concernant la fonderie, outils bien compris et habilement forgés.

M. Gustave Grenier, ouvrier mouleur au Petit-Quevilly, avait exposé quelques procédés de moulage offrant certains caractères de nouveauté et qui lui ont valu une mention honorable.

Sections étrangères. — Nous terminerons ce chapitre en citant la Franklin manufacturing Co, Syracuse (New-York), qui présentait diverses pièces coulées et finies obtenues par un procédé particulier qui aurait pour effet d'éviter le travail mécanique. Les objets présentés avaient belle apparence et le Jury a accordé une médaille de bronze à cette exposition.

II

PIÈCES DE FORGES. — BOULONNERIE ET VISSERIE. CHAÎNERIE.

La création de nouvelles lignes de chemins de fer, le renouvellement du matériel des voies, l'établissement de nombreux réseaux de tramways ont contribué pour une large part au développement de la boulonnerie et de l'industrie des pièces de forges; d'autre part, l'évolution métallurgique qui s'est traduite par l'extension prépondérante prise par l'acier au détriment du fer a fait que la production de la boulonnerie en acier s'est considérablement augmentée depuis quelques années.

Les pièces de forges exposées dans la petite métallurgie comprenaient des ferrures pour wagons et pour machines, des tendeurs et des crochets d'attelages ainsi que des pièces de toutes natures spéciales à la carrosserie et au charronnage; quant aux grosses pièces de forges, comme les roues, essieux, arbres de machines, etc., elles étaient naturellement classées dans la grosse métallurgie.

France. — Parmi les maisons les plus importantes, nous citerons en première ligne les Boulonneries de Bogny-Braux, anciens établissements Joseph Maré et Gérard frères, dont le siège social est à Bogny (Ardennes) et qui occupent 1,700 ouvriers répartis dans les trois usines de Bogny, Braux et Lavrezy. La réputation des produits des Boulonneries de Bogny-Braux n'est plus à faire, elle est universellement connue. Depuis 1889, de nouveaux ateliers ont été édifiés, des machines complètement automatiques pour la fabrication du boulon ont été créées et installées; un grand atelier de construction de machines a été adjoint à ceux existants. Les moyens de production de la Société des boulonneries se sont ainsi considérablement accrus. Nous devons mentionner, en outre, non au point de vue industriel, mais au point de vue humanitaire et social, les œuvres philanthropiques qu'elle a créées en faveur de son nombreux personnel ouvrier.

Son exposition comportait une grande variété de boulons, d'écrous, de rivets et de ferrures diverses d'une exécution tout à fait remarquable. La présence de M. Albert Gérard parmi les membres du Jury de la Classe 65 avait mis cette belle exposition hors concours. Trois collaborateurs de la société ont été récompensés : M. Lamorlette a reçu une médaille d'or; MM. Grandy et Jacquet, une médaille d'argent.

La Société métallurgique de Gorcy, à Gorcy près Longwy (Meurthe-et-Moselle), exposait à la fois dans la petite et la grosse métallurgie. La boulonnerie constitue une branche importante de cet établissement, qui a apporté, depuis 1889, de nombreux perfectionnements dans son outillage. La fabrication des tirefonds en acier filetés à chaud et des boulons d'éclisses, des boulons mécaniques, des rivets et des crampons

pour la fixation des rails a pris un développement considérable; la production des tire-fonds en fer filetés à froid a suivi la même progression.

La fabrication des consoles, tiges et autres ferrures galvanisées pour l'installation des lignes télégraphiques est aussi une des spécialités de Gorcy, qui arrive aujourd'hui, à l'aide de divers systèmes d'outils établis pour les différentes phases de la fabrication, à produire, en une seule chaude, une console, du type dit, «console longue», cintrée à sa forme définitive et entièrement finie de forge avec les trous percés.

La production annuelle des diverses pièces produites par la boulonnerie s'élève actuellement à 4,500 tonnes.

Nous aurons à citer à nouveau cet important établissement dans le chapitre concernant la tréfilerie.

Disons, dès à présent, que le Jury a décerné un grand prix à la Société de Gorcy, pour l'ensemble de sa remarquable exposition, une médaille d'or de collaborateur à M. Clère, directeur de la Société, et une médaille d'argent à M. André, ingénieur.

La maison Vieillard, Migeon et Cie, à Morvillars (territoire de Belfort), est des plus anciennes, la date de sa fondation remonte à 1796. Elle s'est surtout spécialisée dans la fabrication de la vis à bois et à métaux, des pitons, gonds, goupilles, crochets d'armoires et tous articles se rapportant à la visserie. Elle produit également des boulons à l'usage de la carrosserie et du charronnage, des rivets en fer et en laiton. Comme beaucoup d'usines similaires, elle possède des tréfileries et des ateliers de forges et de quincaillerie qui occupent aujourd'hui 1,400 ouvriers. Les produits exposés étaient d'exécution soignée.

La Société Vieillard, Migeon et Cie a obtenu un grand prix, et une médaille d'argent de collaborateur a été accordée à M. Frélichoux, directeur des usines à Grandvillars.

La Société anonyme des forges et visseries de Saint-Hippolyte (Doubs) [M. Jean Maître, administrateur délégué] diffère peu de la maison précédente, mais sa puissance de production est beaucoup moindre. Des perfectionnements nombreux apportés à l'outillage ont permis de doubler le rendement depuis 1889. Les produits soumis à l'examen du Jury étaient de fabrication soignée et la Société a reçu une médaille d'or.

La visserie est une industrie répandue dans l'Est, aussi regrettons-nous l'absence de maisons importantes qui ont cru devoir s'abstenir.

La Société Bouchacourt et Cie, dont le siège social est à Paris, a son usine à Fourchambault (Nièvre). Elle avait exposé des pièces de boulonnerie tournée et polie d'une exécution parfaite; des gros écrous en acier et en fer forgé mécaniquement et sans soudure par un procédé qui lui est particulier; certaines pièces spéciales, telles que selles-arrêts, loquets, bouchons pour obus de la marine; des ferrures diverses, notamment des cliquets de recul avec les rochets, des palonniers et des charnières pour l'artillerie; des spécimens d'outillages pour le taraudage, perçage et fraisage figuraient aussi dans son exposition. De multiples perfectionnements réalisés dans le matériel de l'usine de la Société lui ont permis de réduire ses frais de fabrication et d'obtenir une production plus intense.

Le Jury a attribué un grand prix à la Société Bouchacourt et Cie et une médaille d'argent de collaborateur à M. Scheyer, directeur de ses ateliers.

Nous citerons ensuite la Manufacture ardennaise de boulons et ferrures de wagons, à Braux et Levrezy-Braux (Ardennes), qui s'est très sensiblement développée depuis 1889, sous la direction de M. Despas (Émile). A la fabrication des boulons, écrous, rivets, tirefonds à chaud et à froid, la Manufacture ardennaise joint celle des ferrures pour wagons et wagonnets, des tendeurs, des brides de ressorts et de traction. Elle a reçu pour l'ensemble de son exposition une médaille d'or. M. Despas (Gustave) et M. Giron (Albert) ont l'un et l'autre obtenu une médaille d'argent à titre de collaborateurs.

MM. Léon Levent et Cie, à Bavay (Nord), présentaient des boulons de toutes espèces, des tirefonds pour matériel de chemins de fer, des entretoises pour rails, des crampons, des chevillettes et des vis en acier laminées à chaud par procédé breveté. Toutes ces pièces étaient d'exécution soignée et parfaitement comprises. Une médaille d'or a été décernée à MM. Léon Levent et Cie.

La même récompense a été attribuée à MM. Faugier et Cie, à Lyon, dont l'exposition comprenait, comme la précédente, des boulons et tirefonds de toutes sortes. Depuis 1889, la fabrication des tirefonds taraudés à chaud par laminage a reçu de sensibles perfectionnements; les essieux présentés ne laissaient rien à désirer.

M. Vuillaume, à Paris, a donné, depuis 1889, un développement important à sa maison. En plus des boulons, rivets à chaud et à froid qui constituent sa spécialité, il construit des tirants perforés en acier pour chaudières de locomotives, d'un travail particulièrement difficultueux. Le Jury a donné une médaille d'or à l'ensemble de cette exposition.

M. Lecerf, à Paris, est l'un des plus anciens fabricants de boulons. Il exposait des boulons bruts, tournés et limés, des rivets et des tirefonds. Il s'est fait une spécialité de brides ovales et rondes, de clefs de robinets et de pièces détachées pour matériel de chemins de fer. Les produits de cette maison sont toujours estimés.

M. Marcadet fils, à Château-Regnault (Ardennes), exposait pour la première fois des séries de boulons de précision pour machines, des rondelles, bagues et clavettes. Toutes ces pièces, d'excellente exécution, sont fabriquées à l'aide de machines et outils automatiques.

Il a été attribué une médaille d'argent à chacune de ces deux expositions.

Les maisons qui suivent s'adonnent spécialement aux pièces de forges :

M. Laurent Colas, à Bogny-sur-Meuse, a beaucoup augmenté et perfectionné son outillage mécanique à l'effet d'obtenir sans soudure toutes les ferrures spéciales qu'il fabrique pour la carrosserie, le charronnage, les tramways, etc. Ces procédés assurent aux pièces forgées une précision et un fini remarquables. Grâce à certaines modifications, cet outillage, créé d'abord en vue des ferrures de voitures, trouve aussi son application dans la fabrication des ferrures d'automobiles et de charrues; il a, en outre, l'avantage d'apporter une économie sensible au prix de revient, ce qui permet à M. Laurent Colas d'exporter une partie notable de la production de ses ateliers.

Les remarquables spécimens présentés par cette maison lui ont valu une médaille d'or.

La même récompense a été attribuée à MM. Wichard et Conge, à Nogent-en-Bassigny (Haute-Marne), qui exposaient pour la première fois. C'est l'estampage ou forge en matrices de pièces en fer, acier, bronze et nickel qui constitue la spécialité de cette maison, qui possède aujourd'hui 40 marteaux-pilons de diverses forces, depuis 200 kilogrammes de poids de masse frappante jusqu'à 2,500 kilogrammes. Une grande variété des pièces d'exécution parfaite était soumise au Jury. Les produits des établissements de ces industriels trouvent leur emploi dans toutes les industries qui touchent à la métallurgie. La maison Wichard et Conge travaille aussi pour l'armée; elle a fourni la plus grande partie des pièces composant le fusil de guerre de l'armée suisse.

M. Émile Guillet fils, à Vivier-au-Court (Ardennes), que nous avons déjà cité dans le chapitre de la fonderie, s'occupe aussi de ferronnerie. Nous rappellerons qu'il a reçu une médaille d'argent pour l'ensemble de son exposition.

La maison Gehu-Dubuisson, à Hautmont, est de fondation récente (1887). Elle s'est spécialisée dans la fabrication mécanique des écrous à chapeau, des brides de raccords et des entretoises pour voies de tramways. Elle a obtenu une médaille de bronze.

M. Gaston Laulard, à Paris, exposait des crochets de gouttière à lames laminées, des pelles et pincettes, des articles pour la boucherie et divers objets fabriqués dans son usine d'Hirson.

M. Dazey fils, à Charmes-sur-Moselle (Vosges), présentait des boîtes d'étau, des pièces de forge et de tour pour constructeurs et mécaniciens.

Le Jury a attribué une médaille de bronze à la première et une mention honorable à la seconde de ces expositions.

Après l'examen des produits de la forge, il nous reste à mentionner ce qui se rattache au matériel et à l'outillage.

La maison Ernest Enfer, à Paris, est une des plus anciennes parmi celles qui se sont fait une spécialité de la construction des forges portatives. Les modèles exposés étaient parfaitement compris, aussi bien au point de vue de la soufflerie que des régulateurs de chauffe. Les compresseurs d'air, les forges électriques, les fours à chauffer les rivets, les fours à cémenter, à tremper et à recuire sont fabriqués par M. Ernest Enfer, auquel le Jury a décerné une médaille d'or pour l'ensemble des produits de sa maison.

La maison Potoine-David, à Charleville (Ardennes), est des plus anciennes; sa fondation remonte à 1800. Elle fabrique des forges portatives et des appareils de soufflerie de différents modèles. Les soupapes d'aspiration et de refoulement sont avantageusement combinés et disposés. Les régulateurs, coudes à nervures et systèmes divers de tuyères sont très appréciables. L'outillage de forges, enclumes, tenailles, marteaux et masses, machines à refouler et à souder, les bandages de roues, les machines à cintrer et les étaux sont également une spécialité de cette maison, à laquelle le Jury a attribué une médaille d'argent.

MM. Barbier et Vivez, à Paris, exposaient dans huit classes différentes. Ils présentaient dans la classe de la petite métallurgie quelques appareils très usuels : forges portatives à soufflets en cuir et à ventilateurs pour les installations temporaires de chantiers de construction, puis quelques souffleries de forges. Ces constructeurs se sont attachés avec raison à rechercher la simplicité des organes et leur solidité. Ils ont reçu une médaille de bronze.

Un autre fabricant parisien, M. Hébert, a obtenu la même récompense pour ses forges portatives à ventilateur commandé par chaîne Vaucanson avec galet tendeur à ressort.

Les plaques à souder de M. J. Laffitte, à Paris, sont bien connues. Leur emploi depuis 1889 s'est de plus en plus vulgarisé. On sait que ces plaques sont constituées par un treillis de fils métalliques très minces servant de support à un mélange de borax fondu et de limaille de fer ou d'acier. M. Laffitte a perfectionné son invention et il fabrique aujourd'hui des plaques quadrillées, divisées en carrés de dimensions variables. Cette disposition permet le découpage à la main desdites plaques, suivant les besoins des travaux. Une médaille d'argent a été attribuée à M. Laffitte.

Une mention honorable a été accordée à M. Germain, à Athis-Mons, pour une forge-miniature, petit chef-d'œuvre d'ouvrier.

Colonies. — Nos colonies étaient représentées par le travail indigène, et les divers objets exposés n'offraient qu'un intérêt très relatif. Le Comité local du Tonkin, à Hanoï, exposait l'outillage habituel des forgerons du pays ; M. Géraudel, à Ambohimanar (province de Tananarive) [Madagascar], différents travaux forgés par les indigènes ; M. Pélissier, à Sfax (Tunisie), des fers à cheval ; M. Kebay, à Hara-Kebira (Djerba) [Tunisie], des ferrures diverses pour selliers, et M. Jumeau, à Mustapha (Alger), des ferrures qui se rattachaient davantage à l'art de l'armurier.

Pays étrangers. — Dans les sections étrangères, nous trouvons l'exposition très intéressante de boulonnerie de The patent nut and bolt company limited, à London Works, près Birmingham (Angleterre), qui possède trois usines importantes : London Works, Stour Valley, à West Bromich, et Cwm Bram, près Newport. Cette maison produit tout le fer et l'acier nécessaires à sa consommation ; elle fabrique un tonnage considérable de boulons et d'écrous en tous genres. Nous avons remarqué dans sa vitrine des spécimens de boulons et d'écrous à fermeture en acier, brevet de la Compagnie, qui offraient une grande force de résistance à l'usage ; d'autres modèles d'écrous indéserrables ; des ferrures et des fermetures à l'usage des wagons de chemin de fer. Le Jury a accordé un grand prix à cette remarquable exposition.

Nous citerons ensuite la Nettlefolds limited, à Birmingham, maison ancienne des plus importantes qui fabrique des vis à bois, à métaux et de pression, des pitons, rivets, boulons, goupilles, clavettes en quantité considérable.

Les établissements de William Cook and Co., à Sheffield, ont joint à leur spécialité

de câbles en fil d'acier la fabrication des fers à cheval qui constitue une branche importante de leur industrie. Ils présentaient une grande variété de modèles d'une exécution particulièrement soignée. Nous aurons à mentionner de nouveau cette maison dans le chapitre de la tréfilerie. Elle a reçu une médaille d'or pour l'ensemble de sa remarquable exposition.

La maison Bentall and Co., à Heybridge (Maldon-Essex), qui fabrique des boulons et des écrous de toutes sortes, écrous doubles de sûreté, a reçu une médaille de bronze pour cette partie de son industrie.

Dans les *États-Unis*, nous citerons pour la boulonnerie l'American steel and iron manufacturing Company, à Reading (Pensylvanie), qui est la réunion, sous une même firme, de cinq établissements importants dont la puissance de production est considérable. Cette société fabrique toutes sortes de fers et d'aciers travaillés pour le matériel fixe et roulant des chemins de fer, le matériel naval, les ponts, etc. Il lui a été attribué une médaille d'or.

La maison William and Co., à Brooklyn (New-York), exposait des pièces de forges estampées d'une exécution parfaite, brides de tuyaux, clefs de serrages, clefs à tuyaux, à chaînes Vulcain, crochets de grues, accessoires de machines-outils, toutes pièces les plus diverses, d'un fini irréprochable et qui ont valu à cette exposition une médaille d'or.

Les fers à chevaux de la Phoenix horse shoe Company, à Poughkeepsie (New-York), fabriqués en acier laminé, ont attiré l'attention du Jury, qui leur a donné une médaille d'argent.

Nous rencontrons dans la *Hongrie* la Société hongroise de boulonnerie, à Buda-Pesth, qui exposait des produits divers de sa fabrication. C'est l'usine de ce pays la mieux outillée pour les articles de boulonnerie, les plaques de jonction pour rails et les ferrures pour matériel roulant de chemin de fer. Le Jury lui a décerné une médaille d'or.

Les boulons, rivets et vis présentés par la maison Hirsch et Frank, à Buda-Pesth, étaient de bonne fabrication courante; les ferrures diverses ne laissaient non plus rien à désirer. Une médaille d'argent a été donnée à cette exposition.

La Société hongroise-belge d'industrie métallurgique, à Buda-Pesth, a reçu la même récompense pour ses pièces accessoires en fer forgé pour wagons, ses ressorts et ses chaînes d'attelage.

La Manufacture hongroise d'articles en acier, à Buda-Pesth, produit exclusivement des ressorts de wagons et de voitures. C'est une usine très bien outillée, dont les produits sont réputés comme solidité. Une médaille d'argent a récompensé cette maison.

MM. J. et F. Thury, dont la spécialité est la fabrication des gros outils pour la forge, exposaient un étau du poids de 644 kilogrammes, dont l'emploi est assez fréquent dans le pays, plus une collection d'outils, un fer à cheval d'un modèle particulier et un système de suspension pour cloches. Ils ont reçu une médaille d'argent pour l'ensemble de leur exposition.

C. F. E.

La section *belge* comprenait les machines à faire les boulons et les rivets exposées par M. Despaigne, de Bruxelles, et auxquelles le Jury a donné une médaille d'argent pour leur caractère pratique et leur bonne exécution; puis M. Alleys, de Furnes, qui exposait des fers à cheval.

M. Carol Weizner, à Bucarest, dans la section *roumaine,* présentait des fers à cheval de formes diverses pour lesquels il a obtenu une mention honorable.

La Stora kopparbergs bergslags aktiebolag, à Falun (*Suède*), avait une exposition tout à fait remarquable. La fondation de cette compagnie remonterait à 1225; c'est donc l'une des plus anciennes du monde. Elle possède d'immenses propriétés situées en grande partie dans la province de Dalécarlie et sur lesquelles est fondée une grande et vaste industrie, divisée en trois grandes branches, qui sont les bois, le fer et l'acier et le cuivre.

Nous ne nous occuperons naturellement que de la partie concernant le chapitre qui nous occupe, c'est-à-dire les boulons et écrous. Toutes sortes de boulons pour chaudières et ponts, fabriqués par un matériel tout spécial, étaient exposés. A côté, des boulons éprouvés à chaud et à froid, des vis étirées par la tête et l'écrou dans une machine à essai, des écrous élargis et pressés à froid démontraient péremptoirement la qualité du métal employé et l'excellence de la fabrication. Nous aurons à citer à nouveau cette puissante compagnie, car les produits de sa fabrication sont multiples. Une médaille d'or a été attribuée à la société pour cette partie de sa production.

La Société de Iggesunds, que nous retrouverons plus loin, fabrique des boulons et des ferrures pour l'outillage des machines à draguer.

Quand nous aurons cité, dans le *Portugal,* l'Empreza progresso industrial, à Lisbonne, qui offrait une série de boulons et d'écrous de modèles divers et qui a reçu une médaille de bronze pour son exposition, nous aurons passé en revue tout ce qui appartenait à la boulonnerie et aux pièces de forge.

CHAÎNES.

La fabrication des chaînes, bien que toute spéciale, présente une certaine analogie avec celle des pièces de forge. C'est donc par elle que nous poursuivrons notre examen. Disons tout d'abord que cette industrie est pratiquée avec succès en France, à ce point que les principales maisons qui figuraient à l'Exposition exportent un tonnage important à l'étranger, en Allemagne notamment. Des quantités considérables de chaînes sont, en effet, réclamées par l'armement des bâtiments de mer, le touage sur les rivières et les canaux, les mines et les appareils de levage de toute nature. Cette industrie est centralisée dans le Nord et dans la Loire, c'est-à-dire près du centre d'alimentation de la matière première. Dans la région du Nord, nous citerons, parmi les producteurs, la maison E. Turbot, à Anzin, et les usines de MM. Doremieux fils et Cie, à Saint-Amand-les-Eaux.

La maison Turbot, qui a réuni, en 1876, les établissements Lobel et Turbot à ceux

de M. Plichon-Havez, de Saint-Amand, produit annuellement la quantité de 2,000 à 2,400 tonnes de chaînes, qui se répartissent comme suit : 1° chaînes dites *ordinaires* pour les travaux de charronnerie et l'outillage agricole; 2° chaînes-câbles à mailles serrées et à entretoises, livrées aux grandes administrations : marines françaises et étrangères, compagnies de navigation, ponts et chaussées, artillerie, etc.; 3° chaînes calibrées ou de précision pour appareils de levage et de traction nécessitant l'emploi de maillons rigoureusement exacts. En raison des garanties qu'elles exigent, les chaînes de cette dernière catégorie sont confectionnées en métal de choix et avec un soin tout particulier.

Depuis 1895, la maison Turbot a ajouté à sa spécialité de chaînes la fabrication des ancres de marine faites jusque-là presque exclusivement en Angleterre. Elle a acquis rapidement, dans cette branche nouvelle, une réputation légitimement méritée par les perfectionnements qu'elle apporta et parmi lesquels il convient de noter le nouveau type breveté d'ancre à bascule sans jas, connu sous le nom d'*ancre Turbot.*

L'exposition de la maison Turbot était mise hors concours en raison des fonctions de juré de la classe exercées par M. Jules Turbot. M. Canonne, directeur, a reçu une médaille d'argent de collaborateur.

Les usines de MM. Doremieux fils et Cie comprennent à la fois une forge à feu et une fabrique de chaînes. Cette dernière, qui a été fondée en 1826, produit plus spécialement des chaînes de touages, dont une quantité considérable est livrée tant aux compagnies françaises qu'aux lignes de l'étranger. Elle a aujourd'hui près de 33 millions de kilogrammes de chaînes en service. Ces établissements fournissent aussi des chaînes de gros calibres, simples ou à étais, dont de remarquables spécimens figuraient dans leur exposition. Les quantités fournies depuis 1893 aux divers chantiers de construction s'élèvent à 2,500 tonnes environ. Récemment, cette maison a entrepris la fabrication mécanique des petites chaînes, soudées électriquement au moyen de procédés spéciaux.

Le Jury a attribué un grand prix aux établissements Dorémieux fils et Cie.

Venait ensuite la Société des chaînes en acier, dont le siège est à Paris et l'usine à la Massardière, près Terrenoire (Loire). La chaîne mixte en acier est composée de mailles sans soudure alternant avec des maillons soudés et fabriqués avec des soins particuliers. Cette disposition, qui réduit le nombre des soudures de moitié, est d'autant plus intéressante qu'on n'ignore pas que, dans la plupart des cas, la rupture de la chaîne est provoquée par un défaut de soudure de l'un de ses maillons. La matière employée, acier doux ou fer fondu, présente une résistance de 40 à 45 kilogrammes par millimètre carré, un allongement de 30 à 40 millimètres sur éprouvette de 100 millimètres de longueur et une contraction, striction ou diminution de section au point de rupture de 60 à 75 p. 100 de la section primitive.

Les différents types de chaînes exposés offraient tout le caractère d'une fabrication soignée; les étais des chaînes réunis aux maillons sans soudure sont moins exposés à se détacher. En résumé, les chaînes mixtes en acier présentent sur les chaînes ordinaires

une augmentation de sécurité à calibre égal et une diminution de poids et d'encombrement à sécurité égale. La Société des chaînes en acier a reçu une médaille d'argent pour l'ensemble de son exposition.

MM. E. Paris et Cie, à Paris, qui ont obtenu une médaille de bronze, sont davantage des fabricants d'appareils de levage. Les chaînes qu'ils présentaient, de bonne fabrication courante, étaient du type calibré, puisqu'elles sont destinées aux palans, aux monte-charges, etc.

Sections étrangères. — La section *autrichienne* était représentée par la Société des aciéries de Weissenfels (Carniole) qui exposait des échantillons de chaînes en acier, sans soudure, de bonne fabrication courante ; à cette fabrication, Weissenfels joint la construction des tonneaux, en deux pièces, en acier embouti, qui mérite d'être mentionnée. Une médaille d'argent a été la récompense attribuée à la Société Weissenfels.

Nous trouvons ensuite, dans les *États-Unis,* l'Oneida community, limited Niagara Falls à laquelle a été accordée une médaille de bronze pour ses chaînes sans soudure. Cette chaîne est faite à l'aide d'une tige ronde unique, roulée et entrelacée de façon à produire une succession de maillons d'une forme particulière. Cette chaîne est obtenue à l'aide de machines automatiques.

Puis The mac cormik Harvesting Co., à Chicago, dont la spécialité est la construction de machines à faucher et à moissonner. Cette très importante maison, qui emploie près de 6,000 ouvriers et dont l'exposition principale était à Vincennes, présentait dans notre classe une nouvelle chaîne à anneaux réglables et une machine à mouler pour lesquelles elle a reçu une médaille d'or.

L'usage de la chaîne est très répandu en *Hongrie;* elle est concentrée surtout à Golniczbanya, où de nombreux artisans se livrent à cette fabrication en même temps qu'à celle des gros outils. Les maisons Schutz (Jean) et Cie, Streek (Jean) et fils, Streek (Michel) et fils, Walko et fils, Walko (Gabriel) et fils, Walko (Michel) et fils ont, chacune d'elles, obtenu une médaille de bronze pour les produits qu'elles exposaient.

Après les chaînes forgées venaient les petites chaînes de fantaisie fabriquées à froid, dont des spécimens variés étaient présentés par Mme veuve Foin, à Paris. Cette exposition comprenait aussi des porte-mousquetons de modèles divers, des décamètres en acier. Le fini d'exécution de ces différents objets a valu une médaille d'argent à Mme veuve Foin.

M. Petit, à Alfortville (Seine), qui a reçu une médaille de bronze, se livrait sur place à la fabrication des chaînes de jalousie, à l'aide d'une machine-outil de son invention qui assure un travail plus régulier et plus productif que le travail manuel.

M. Jean Sochor, à Neunkirchen (Basse-Autriche), a obtenu la même récompense pour ses chaînes composées de boules creuses juxtaposées et réunies entre elles par un lien commun.

III

TRÉFILERIE ET INDUSTRIES QUI EN DÉRIVENT.

L'évolution qui s'est produite dans la nature de la matière employée dans la fabrication des fils par la substitution de l'acier doux au fer fin, d'une part, et par l'emploi d'alliages ferro-métalliques destinés à fournir des aciers élastiques à grande résistance, d'autre part, a eu pour conséquence naturelle le développement des industries qui se rattachent à la tréfilerie de fer et d'acier.

Ces progrès, déjà constatés en 1889, se sont constamment accrus. En ces dernières années, d'importants ateliers se sont créés, les moyens de production se sont multipliés, et nous avons la satisfaction de reconnaître la prospérité de l'industrie de la tréfilerie et de ses dérivés.

Nous étudierons successivement la tréfilerie, la pointerie, la clouterie et la câblerie, la fabrication des tissus métalliques et des grillages, celle des aiguilles et des épingles. Nous rattacherons ensuite à ce chapitre l'étirage au banc et la fabrication des tubes étirés.

TRÉFILERIE, POINTERIE, CLOUTERIE ET CÂBLERIE.

Nous mentionnerons, tout d'abord, la remarquable exposition de MM. Teste, Moret et Cie, à Lyon, dont les établissements étaient connus autrefois sous le nom d'aiguillerie de Vaise. La base essentielle de la fabrication de cette importante maison consiste surtout dans la tréfilerie de fer et d'acier et dans le laminage des aciers en bande. Elle arrive aujourd'hui à produire des fils d'acier à très grande résistance, jusqu'à 300 kilogrammes par millimètre carré.

Les échantillons présentés étaient des plus variés : aiguilles à tricoter en acier trempé; fils d'acier, tréfilés ronds, carrés, ovales, triangulaires et à pans; cordes de pianos et de guitares en fils d'acier trempé; ressorts cuivrés et étamés pour sièges, meubles, wagons, etc.; fuseaux vernis et pièces détachées pour tissages mécaniques. Nous signalerons tout particulièrement les montures de parapluies et d'ombrelles en acier creux qui comptent parmi les principales spécialités de cette maison, qui fut la première à introduire cette fabrication en France et qui est demeurée l'une des plus importantes dans ce genre d'industrie; les câbles métalliques en fils d'acier pour la fabrication desquels vingt et une machines spéciales sont employées. Cette exposition comportait un spécimen de porteurs aériens par câbles, appelés à rendre d'utiles services et qui constituent un moyen de transport à la fois pratique et économique. Les câbles métalliques trouvent aussi leur application dans les ponts suspendus rigides que construisent les établissements Teste et Moret. A ces diverses utilisations des produits de la tréfilerie sont adjointes la fabrication des tubes en acier étiré à froid, sans sou-

dure, et celle des voiturettes légères, montées sur châssis tubulaires d'une remarquable solidité. Un grand prix a été décerné à MM. Teste, Moret et Cie, et une médaille d'argent de collaborateur a été accordée à M. Mottet, l'un de leurs chefs de fabrication.

Parmi les usines déjà citées dans les précédents chapitres nous rappellerons : la Société métallurgique de Gorgy, dont les ateliers de tréfilerie, pointerie et galvanisation des fils sont munis de l'outillage le plus perfectionné, et constituent autant d'usines réunies en une seule.

La production annuelle de la tréfilerie de Gorgy est de 10,000 tonnes en fils clairs, recuits, cuivrés, galvanisés et fils spéciaux pour lignes télégraphiques. Une partie de cette production est transformée en pointes de toutes dimensions (rivets, crampillons et ressorts pour sommiers).

Nous mentionnerons les établissements de MM. Vieillard, Migeon et Cie et ceux de la Société anonyme des forges et visseries de Saint-Hippolyte-sur-Doubs, dont les produits de la tréfilerie sont également transformés en vis, rivets et pointes.

Nous arrivons ensuite aux Forges et Clouteries réunies de Mohon (MM. Lefort et Cie), à Mohon (Ardennes). La Société Lefort et Cie, qui a succédé à treize firmes différentes, compte aujourd'hui dix usines, dont neuf sont situées dans l'arrondissement de Mézières et la dixième à Marchiennes (Nord), et dans lesquelles se trouvent réunis tous les genres de fabrication se rapportant à la clouterie et à la tréfilerie. Elles produisent les fils de fer et d'acier de toutes qualités et leurs dérivés : pointes, chevilles, clous, crochets, ronces, grillages, etc.

C'est dans les usines de cette Société que furent créées, en 1827, la fabrication mécanique à froid de la clouterie-tôle et, en 1860, celle dite «de marine» fabriquée mécaniquement à chaud.

La production de ces usines est aujourd'hui des plus considérables. Elles livrent à la consommation plus de 30 millions de kilogrammes de petits articles fabriqués avec ses propres matières premières. La Société possède, en effet, une aciérie Martin Siemens et des laminoirs.

Les Forges et Clouteries réunies de Mohon ont obtenu un grand prix, et M. Pénasse, directeur de l'usine de Saint-Marceau, une médaille d'or de collaborateur.

MM. Mermier et Cie, à Saint-Étienne (Loire), possèdent plusieurs usines. Dans celles situées dans la région de Saint-Étienne, ils se sont spécialement attachés à produire mécaniquement le clou à cheval dans les meilleures conditions de fabrication. Ils fabriquent aussi des boulons, des tirefonds et des articles de forge pour l'artillerie, la marine et les chemins de fer. Dans leurs usines de Normandie, ils font des ferrures et objets divers de quincaillerie et de ferronnerie. Leurs produits sont fort appréciés et ont valu à ces exposants une médaille d'or.

Une autre maison de Saint-Étienne, la maison J. Martouret, qui a reçu une médaille d'argent, se livre à la même industrie que la maison précédente; le clou à cheval «marque Victoria» est fabriqué à l'usine de Terre-Noire, et la production annuelle s'élève à 700 tonnes environ.

Parmi les autres fabricants de tréfilerie et de pointerie, nous citerons la maison Lherminier fils, à Laigle (Orne), très ancienne maison qui exposait pour la première fois. Elle fabrique plus spécialement la pointe fine en fer et en cuivre, ainsi que divers autres articles se rattachant à la tréfilerie, tels que fils de cuivre à haute conductibilité. Les produits exposés étaient de fabrication soignée et M. Lherminier fils a reçu une médaille d'argent.

MM. Charles Goguel et Cie, à Montbéliard (Doubs), ont obtenu une médaille d'or pour l'ensemble de leur exposition, qui comprenait trois parties distinctes : 1° la fonte, le laminage, le tréfilage et découpage du laiton pour la fabrication des mouvements d'horlogerie; 2° la fonte, le laminage, le tréfilage du cuivre rouge avec les opérations de dorure et d'argenture nécessaires à la fabrication des traits et des lamés d'or et d'argent faux, des fils fins à haute conductibilité pour câbles souples et appareils électriques; 3° le tréfilage du fer et la fabrication de la pointe, des rivets en fer, en laiton, en cuivre rouge et en plomb. Les fils fins en bottes et sur bobines d'une finesse tout à fait remarquable méritent d'être signalés.

M. Jonte et M. Verschave fils sont deux fabricants parisiens qui s'adonnent au tréfilage de précision, à la pointerie, la clouterie et autres articles divers pour l'industrie automobile. Ils s'occupent également de la galvanisation, de l'étamage et du nickelage des fils de fer et d'acier. M. Jonte fait, en outre, de l'étirage de précision en acier et en cuivre, à l'aide d'un procédé particulier qu'il dénomme dressage mathématique. Ce procédé permet d'employer les barres ainsi dressées et sciées à longueurs fixes comme axes de métiers à tulle et de métiers Jacquart; elles sont également susceptibles d'être employées par la petite mécanique en général. Chacun de ces deux exposants a reçu une médaille d'argent.

Nous terminerons cette série en citant une industrie toute parisienne, celle des clous dorés, argentés, nickelés et bronzés à l'usage des tapissiers, selliers, carrossiers, cartonniers et généralement de tous les fabricants qui emploient des clous ornementés.

La Compagnie des clous « au soleil » et la maison veuve Rauly présentaient des modèles les plus variés d'un fini d'exécution remarquable. Aussi le Jury a-t-il décerné une médaille d'or à chacun de ces exposants.

CÂBLERIE.

Si la plupart des tréfileries sont en même temps des fabriques de pointes et si quelques-unes font aussi des clous de différents modèles en fil de fer ou en tôle découpée, bon nombre d'entre elles produisent des câbles métalliques; c'est ainsi que nous avons signalé la maison Teste et Moret, de Lyon. Avant de passer en revue les maisons étrangères qui se rattachent à la tréfilerie, nous avons pensé qu'il était préférable d'examiner les exposants français classés dans la câblerie.

L'emploi des câbles métalliques se généralise de plus en plus. Nous n'entendons parler ici que des câbles à l'usage de la traction et non de ceux dont l'industrie élec-

IMPRIMERIE NATIONALE.

trique fait, depuis quelques années, une consommation considérable et qui ne rentrent pas dans le cadre qui nous a été tracé. Notre champ d'action est suffisamment vaste pour que nous ne cherchions pas à empiéter sur celui d'autrui.

Si l'on compare la force de résistance des fils qui entrent dans la composition des câbles métalliques à celle des fils textiles, on conçoit facilement l'avantage qui résulte en faveur du câble métallique, qui, à résistance égale, donnera un poids et un volume sensiblement moindres que ceux du câble textile et, par suite, une dépense moins élevée.

De plus, il ne se détériore pas sous l'influence des températures élevées ou des fermentations qui en sont la conséquence. Alors qu'au début de cette fabrication on pouvait craindre une certaine infériorité sous le rapport de la souplesse, aujourd'hui l'emploi des fils d'acier homogène et résistant à la fois ne laisse plus de doute sur ce point. Aussi l'industrie de la câblerie métallique est-elle dans une période des plus prospères.

Nous citerons en première ligne, parmi les exposants de la Classe 65, la maison Larivière et Cie (Société de la Commission des ardoisières d'Angers), à Angers, et 170, quai de Jemmapes, à Paris. La réputation des produits de cette importante Société n'est plus à faire. De nombreux spécimens de câbles ronds et mi-plats pour mines et carrières, la mécanique générale, les marines de guerre et de commerce, les les funiculaires, etc., étaient exposés dans le pavillon spécial que la Société avait fait élever. A cette exposition étaient joints différents modèles de ronce artificielle et de crochets en fer galvanisé et en cuivre pour la fixation des ardoises. La Société construit elle-même ses machines à câbler et son outillage; elle possède, en outre, un laboratoire d'essais mécaniques avec machine à essayer de 150 tonnes. Il convient de rappeler que M. Charles Larivière, père des directeurs actuels de la Société, a créé, en France, la fabrication mécanique des câbles métalliques. Cette importante exposition était mise hors concours par suite des fonctions que M. Pierre Larivière remplissait comme expert. Le Jury a attribué à M. Lecœur, ingénieur chef de la fabrication des ateliers de la tréfilerie et câblerie, une médaille d'or de collaborateur, et à M. Puget, sous-ingénieur de la fabrication des fils d'acier trempé, une médaille d'argent.

Venait ensuite la maison Landreat, à Blacy (Marne), dont la spécialité porte sur les petits câbles en acier et en fils de cuivre fins à l'usage de la grosse horlogerie et à laquelle il a été accordé une médaille de bronze.

D'autres maisons françaises, telles que la Compagnie de Châtillon et de Commentry, (Mme veuve Adolphe Stein), à Danjoutin-Belfort; M. Bessonneau, à Angers, se livrent aussi à la fabrication des câbles métalliques; mais elles ne figuraient pas parmi les exposants de la Classe 65.

Sections étrangères. — Nous trouvons en *Allemagne* les importantes usines Felten et Guilleaume, à Mulheim-sur-Rhin, qui occupent 4,200 ouvriers pour la tréfilerie, la galvanisation, la fabrication des câbles métalliques et des câbles électriques. La production annuelle de ces usines est de 30,000 tonnes de marchandises diverses. Nous

laisserons de côté les divers types de câbles électriques dont ces établissements présentaient de nombreux spécimens dans leur remarquable exposition, mais qui n'étaient pas soumis à notre examen, pour nous attacher exclusivement aux câbles métalliques. Felten et Guilleaume fabriquent cinq genres différents de ces câbles : 1° la corde ronde ordinaire que tout le monde connaît; 2° la corde ronde dite *en câblage Albert,* dont la direction est la même pour les fils que pour les torons; 3° la corde ronde dite *câble Clos,* en fils d'acier d'une très grande sécurité (les fils étant retenus et s'emboîtant entre eux ne peuvent sortir du câble même en cas de rupture de l'un d'eux) et qui trouvent leur application dans la construction des ponts suspendus, parmi lesquels nous citerons : le pont Franz Joseph, à Pragues, et le pont situé à Langenargen (lac de Constance); 4° la corde métallique à « torons plats », dont le côté large du toron plat entrant entièrement en périphérie de la corde fait que l'usure due au frottement se répand sur une partie beaucoup plus grande des fils et les attaque par contre plus lentement et moins énergiquement; 5° la corde plate cousue, composée de six cordes rondes réunies entre elles. Les fils composant ces câbles et ces cordages proviennent des usines mêmes de Felten et de Guilleaume. Leur tréfilerie est des plus importantes; il est peu de fils qu'ils ne fabriquent pas : gros fils ronds, ovales, carrés, hexagones, fils fins les plus divers et fils d'acier fondu pour cordes, trempés au bleu. La fabrique d'ouvrages en fils métalliques est un autre service important de ces usines, qui font de la ronce métallique, des grillages à mailles diverses. Ils possèdent aussi une manufacture de chaînes sans soudures.

La maison Felten et Guilleaume a obtenu des distinctions dans toutes les expositions importantes. Le Jury lui a décerné un grand prix.

La même récompense a été attribuée à l'exposition collective de l'Association des fabricants allemands de pointes de Paris, dont le siège social est à Berlin. Cette association, fondée en 1898, comprend quatre-vingt cinq établissements réunis sous la même raison sociale. La production annuelle, qui est de 225,000 tonnes, d'une valeur de 60 millions de francs, représente 99 1/2 p. 100 de l'ensemble de la fabrication allemande de clous de toutes sortes; 45 p. 100 de cette production sont livrés à l'exportation. Il s'agit là d'un de ces trusts dont nous retrouverons quelques autres exemples dans la section des États-Unis. Les nombreux échantillons présentés étaient remarquables sous le rapport de la régularité des dimensions; le soin apporté à l'empaquetage est également à signaler.

Nous citerons, dans la section *Belge,* la Société anonyme « clouterie et tréfilerie de Flandres », à Gentbruggelez-Gand, à laquelle le Jury a donné une médaille d'or pour son exposition de fils et de pointes en tous genres et de chaînes en fil d'acier.

Nous trouvons, dans les *États-Unis,* la maison John A. Roeblings' sons C°, à Trenton (New-Jersey), l'un des plus importants établissements de tréfilerie connus aux États-Unis et dont la spécialité consiste principalement dans la fabrication des câbles métalliques. Ce n'est pas seulement comme fabricant de fils en acier et en cuivre que la Roebling C° est appréciée, c'est surtout comme constructeur de ponts suspendus. Cette

maison, sous la direction de MM. Roebling père et fils, a conçu et construit le célèbre pont de Brooklyn, universellement connu. L'exécution de ce travail, dont une réduction figurait dans sa vitrine, donne une suffisante idée de l'importance de cet établissement auquel le Jury a décerné un grand prix.

L'American Steel and Wire C°, à New-Jersey et à New-York, est une de ces associations auxquelles nous faisions allusion précédemment. C'est une réunion d'établissements de même nature groupés sous une même firme. Les quarante usines de l'American Steel and Wire C° occupent 36,000 ouvriers, et la production annuelle est de 1 million et demi de tonnes d'objets divers dérivant du laminage et du tréfilage, tels que fils de toutes sortes et de toutes natures, ressorts, clous et pointes de tous calibres, câbles métalliques, ronce artificielle, passementerie métallique, chaînes, etc. Les nombreuses vitrines de l'American Steel and Wire C° renfermaient des échantillons de ces diverses fabrications pratiquement conçues, soigneusement exécutées et qui ont valu à cette Société une médaille d'or.

Le Copper Queen Consolidated Mining C°, à New-York, fabrique des fils tréfilés en cuivre, des tubes et barres étirés en cuivre. Cette importante Compagnie exposait également dans la Classe 64, et il a été accordé pour les deux Classes une seule récompense : un grand prix.

L'Atlas Tack C°, à Taunton (Massachusetts), qui a reçu une médaille d'argent, est une ancienne maison qui transforme le fil qu'elle achète en clous et en pointes fines diverses; elle fait aussi des clous pour la sellerie.

Deux médailles de bronze ont été accordées à The Shelton C°, New-York, pour ses semences, petits clous et boulons, et à la Metallic flexible Tubing Cy, Philadelphia, pour son procédé métallique servant à la protection des tuyaux en caoutchouc.

Dans la *Grande-Bretagne*, nous signalerons la maison Williams Cooke and C° Ltd, à Sheffield, déjà citée dans le chapitre de la boulonnerie et les établissements Géo Cradock and C°, à Vakefield; ce sont d'importantes manufactures de câbles métalliques pour traction et suspension. Cradock exposait, en outre, plusieurs systèmes d'accouplements de corde métallique très ingénieux et William Cooke avait ajouté divers profils bien compris d'acier cannelé pour recevoir les bandages en caoutchouc de roues de voitures. Le Jury a décerné une médaille d'or à chacun de ces exposants.

William Smith et fils, à Warrington, dont l'exposition principale était à la Classe 64, ont reçu une médaille de bronze pour les câbles et les fils métalliques qu'ils présentaient à la Classe 65.

La *Hongrie* comprenait les forges de Rimamurany-Salgofarjan, qui comptent parmi les importantes usines hongroises pour la fabrication des clous de toutes espèces et des pointes de Paris et que nous mentionnons ici, bien que l'ensemble de son exposition figurât à la Classe 64.

G. Chaudoir et les établissements Kancer, à Buda-Pest, ont reçu une médaille d'or : le premier, pour les produits de la tréfilerie de cuivre, disques, barres et tubes sans

soudure; et les seconds, pour les produits de la tréfilerie de plomb et d'étain, fils de plomb, tuyaux, etc.

Nous trouvons, dans le *Japon*, un exposant, M. Sumitomo, à Osaka, dont une partie de l'exposition se trouvait à la Classe 64 et qui présentait des fils de cuivre d'une très grande finesse pour lesquels il a obtenu une médaille d'argent.

La même récompense a été donnée à M. Papadakis, au Pirée, *Grèce*, pour ses produits divers de clouterie et de pointerie.

La manufacure des clous de Trondhjem, *Norvège*, avait groupé en un tableau fort décoratif les produits de sa fabrication : pointes et clous galvanisés de toutes sortes, clous à bateau obtenus par procédé mécanique. Cette exposition a obtenu une médaille d'argent.

Les *Pays-Bas* comptaient un exposant, la Société anonyme de clouterie et de pointerie de Maestricht qui a reçu une médaille d'or pour sa belle exposition. La grande régularité et la précision des machines employées permettent d'obtenir des clous et des pointes variant des plus grandes aux plus petites dimensions.

Dans le *Portugal*, trois exposants : la Companhia Presidente, M. Schalck et M. Santos, dont les établissements sont situés à Lisbonne, présentaient des échantillons variés de clous et de pointes. Une médaille d'argent a été attribuée à chacun d'eux.

Dans la *Roumanie*, l'industrie de la tréfilerie et pointerie est relativement récente et la loi pour l'encouragement de l'industrie nationale, qui accorde toute une série d'avantages aux fabricants qui ont un capital minimum de 50,000 francs ou qui emploient 25 ouvriers au moins, a sensiblement contribué au développement industriel du pays. M. Émile Costinesco, à Sinaïa, a obtenu une médaille d'argent; MM. Focsancanu et Grunberg et MM. de Geldern et Mélic, à Galatz, une médaille de bronze pour les différents spécimens de pointerie et de tréfilerie qu'ils exposaient.

Dans la *Russie*, nous trouvons les Usines métallurgiques de Moscou, qui avaient leur exposition principale à la Classe 64. Ces importants établissements possèdent une tréfilerie de premier ordre qui produit annuellement 16,000 tonnes fils, de pointes et clous de toutes sortes. Les échantillons présentés étaient de qualité et d'exécution parfaites, et ces usines ont reçu une médaille d'or pour les objets soumis à l'examen de la Classe 65.

Les usines de Possehl fabriquent à la fois des clous pour fer à cheval à grandes et petites têtes et des crampons et vis à quatre veines en acier, des fers à cheval de toutes dimensions et surtout des faux. Nous retrouverons donc ces usines au chapitre de la taillanderie. Elles ont obtenu une médaille d'or pour l'ensemble de leur exposition, dans laquelle les clous et crampons figuraient d'une façon remarquable.

M. Kalinine, à Perm, a reçu une médaille de bronze pour ses clous et crampons pour navires.

La *Suède* était brillamment représentée dans le groupe des mines et de la métallurgie, et les nombreuses et puissantes Sociétés qui s'occupent de l'industrie des métaux figuraient à la fois dans chacune des clases qui composaient ce groupe. Nous retrou-

verons, pour la tréfilerie, la Storakopparbergs Bergetag, déjà citée, qui présentait de nombreux échantillons de clous pour fer à cheval, forgés à chaud, des clous à glace et à neige, différentes séries de clous montrant les modèles usités dans la plupart des pays civilisés.

La Société des usines de Fagersta a obtenu une médaille d'or pour ses produits de la tréfilerie, ses cordages de fils d'acier, avec ou sans garniture de chanvre entre les fils; ses cordes dites *de serpent* fabriquées avec des fils d'acier trempé, galvanisé et des fils de chanvre, et ses câbles couverts de chanvre pour transmission de force. Avec ce dernier dispositif, il n'est plus nécessaire de munir les galets de roulement de garnitures préservatrices, l'enveloppe de chanvre remplissant cet office. Fagersta fabrique aussi des outils divers pour le forage et la taille des pierres dures.

La Société de Uddeholms, fondée en 1747, produit une grande quantité de fer et d'acier étirés à froid, des fers et aciers laminés à froid, des scies à ruban et des ressorts pour usages divers, des clous d'épingle et clous pour fers à cheval, des vis à bois et des chevilles, enfin tous les objets se rapportant à la tréfilerie. Ces produits étaient tout à fait remarquables aussi bien pour leur fini d'exécution que pour leur qualité. Aussi la Société de Uddeholms a-t-elle obtenu un grand prix, et M. Jansson, ingénieur en chef, une médaille d'or à titre de collaborateur.

GRILLAGES ET TISSUS MÉTALLIQUES.

A la tête de cette industrie se trouve la maison G. Sohier, de Paris. Déjà, en 1889, l'intensité de la production des usines de M. Sohier était reconnue; depuis, grâce à de nombreux perfectionnements apportés à l'outillage, à la diminution de prix qui en a été la conséquence et qui a eu pour effet de développer la consommation des grillages, cette production s'est accrue et elle atteint annuellement la quantité de six millions de mètres. Cette fabrication est celle qui emploie aujourd'hui la plus grande quantité de fils d'acier de fins numéros, ce qui a permis à d'importantes tréfileries, assurées de trouver à leur tour des débouchés pour leur production, de développer leur outillage et, par suite, de produire à meilleur compte.

La maison G. Sohier exposait, en outre, des grillages ondulés dont l'emploi, il y a peu de temps, était encore restreint. Par la création de machines pouvant onduler les plus gros fils, cette maison est arrivée à appliquer ce système aux grandes clôtures des parcs et jardins. Ces clôtures offrent la résistance et les avantages de véritables grilles, sans en atteindre le prix.

Divers modèles de ferronnerie artistique, rampes, balcons, grilles, etc., étaient également présentés. Ce genre, dans lequel la maison G. Sohier s'est acquis un réel renom, constitue une partie importante de sa fabrication. Cette belle exposition se trouvait mise hors concours par suite des fonctions de secrétaire du Jury supérieur que remplissait M. G. Sohier.

M. Ch. Roseaux est un fabricant parisien qui produit lui-même au métier à la

Jacquart les tissus métalliques à fond uni, croisé, moiré ou ondulé qu'il décore et transforme ensuite en garde-feu, écrans et éventails ou objets divers à l'usage domestique. Ces différents panneaux sont encadrés de bordures en bronze ou cuivre fondu, ciselé, ornementé ou estampé. Tous les objets figurant dans son exposition était d'un goût parfait et ont valu à M. Ch. Roseaux une médaille d'or.

M. Dondel, à Paris, à qui le Jury a attribué une médaille d'argent, pratique la même industrie. Par un procédé d'outillage qui lui est particulier, il arrive à produire dans le tissage des toiles métalliques des motifs ou dessins d'une dimension beaucoup plus grande que celles qui se sont faites jusqu'à ce jour. Les objets qu'il présentait étaient fort bien décorés et d'une exécution soignée.

La même récompense a été donnée à la maison Pelletier, à Connéré (Sarthe), qui fabrique aussi des tissus métalliques de la plus grande finesse. Parmi les échantillons présentés, certains étaient faits avec des fils n'ayant pas plus de deux centièmes de millimètres; c'est dire le soin qu'apporte cette maison à sa fabrication.

La maison Bernard et Cie, à Châlons-sur-Marne, produit toutes sortes d'articles en fil de fer : cages à oiseaux, pièges, garde-manger, tamis, etc. C'est une importante maison qui fait exécuter une partie de ses produits dans les prisons. Elle a reçu une médaille d'argent.

L'exposition de MM. Larrieu et Miallet, à Paris, qui a obtenu une mention honorable, renfermait de nombreux ustensiles de ménage en fils de fer. Ces exposants possèdent aussi un atelier de galvanisation, de plombage et d'étamage.

M. H. Bruyant, à Paris, avait une exposition intéressante de grillages ondulés de formes heureuses et qui trouvent leur application soit comme protection d'ascenseurs, soit comme grilles légères. Ces grillages obtenus mécaniquement sont appelés à rendre de réels services; ils ont valu à M. Bruyant une médaille de bronze.

M. Rode, à Paris, qui fait les mêmes objets, a obtenu la même récompense que le précédent exposant.

Bien qu'il ne s'agisse pas de produits du ressort de la tréfilerie, nous devons cependant signaler l'exposition de la Compagnie française du métal déployé, qui arrive par des moyens différents à un résultat analogue à celui des grillages métalliques. Le métal déployé est un treillis métallique, obtenu mécaniquement par la machine Golding. Il est composé de lanières d'acier, ou de tout autre métal, sans solution de continuité et sans soudure, transformées en mailles en forme de losanges. Cette machine Golding reçoit à l'avant des tôles pleines et livre à l'arrière des tôles ajourées, sans qu'il y ait de pertes de matière.

Les tôles employées sont fabriquées spécialement. Elles sont en acier doux « Martin Siemens », décapées, recuites en vases clos, planées et découpées d'équerre. Ces particularités sont indispensables pour une bonne fabrication. La machine Golding découpe sur toute la largeur de ces tôles, successivement, un certain nombre de courtes lanières restant adhérentes à la tôle génératrice à leurs extrémités et elle les refoule en les développant en demi-losanges. Les côtés de ces losanges sont les lanières détachées et

leurs sommets ou nœuds sont les parties que les couteaux ont respectées. Plus on déploie le métal, plus larges sont les mailles. Les applications du métal déployé sont des plus variées et sont les mêmes que celles des grillages métalliques. Il en a été fait une grande consommation dans la construction des bâtiments provisoires de l'Exposition.

La partie principale de l'exposition du métal déployé figurait à la Classe 64. Cette Compagnie a obtenu une médaille d'or pour l'ensemble de son exposition dans les deux Classes.

Sections étrangères. — Deux exposants *hongrois* seulement, parmi les sections étrangères, présentaient des tissus métalliques : l'un, les établissements Kollerich, à Budapest, auxquels le Jury a décerné une médaille d'or pour les tissus en fil d'acier platinées pour la meunerie, — c'est la plus importante maison de ce genre en Hongrie, — l'autre, M. Witz François, à Ujvidék, qui a reçu une médaille de bronze pour des produits du même genre.

AIGUILLES ET ÉPINGLES.

La fabrication des aiguilles est restée longtemps une industrie exclusivement anglaise, localisée autour de Redditch, non loin de Sheffield. On conçoit qu'il en ait été ainsi si l'on considère, d'une part, que l'habileté de mains de l'ouvrier entre pour une bonne part dans la fabrication de l'aiguille, qui comporte trente opérations successives faisant passer le produit dans autant de mains différentes et, d'autre part, que, depuis la fondation de cette industrie, les ouvriers de Redditch se sont succédé de père en fils pour chaque catégorie d'opérations, acquérant ainsi une habileté consommée. Mais, aujourd'hui, les progrès accomplis dans la mécanique de précision font que l'habileté de l'ouvrier n'est plus le facteur indispensable. Aussi la France, qui était tributaire de l'Angleterre pour la consommation des aiguilles, voit cette fabrication s'implanter chaque jour davantage.

Nous mentionnerons à la tête des exposants français la maison Benjamin Bohin fils, à Saint-Sulpice-sur-Rille, près Laigle (Orne), dirigée par son chef actuel, M. Paul Bohin. Après avoir longuement étudié les procédés de la fabrication des aiguilles à Redditch et en Allemagne, après avoir rapporté les machines les plus perfectionnées, M. Paul Bohin dressa des ouvriers à la conduite de ces machines et donna une extension considérable à cette industrie. Aujourd'hui, grâce à lui, la fabrication de l'aiguille en France est en pleine prospérité ; aussi fit-il porter à ses produits son nom et leur origine.

On pouvait voir dans l'exposition de M. Bohin quelques types de machines de précision perfectionnées par ses soins, fonctionnant et servant à la fabrication des aiguilles et des épingles. Ayant reconnu que la qualité longtemps incontestée de l'épingle anglaise résidait avant tout dans la qualité du métal employé, M. Bohin n'hésita pas à monter une fonderie, un laminage particulier et une tréfilerie pour la fabrication du laiton spécial pour épingles dont la qualité est réputée et qu'il exporte en partie. A ces

différents produits sont joints les aiguilles à tricoter, les épingles en acier, les épingles à cheveux, les agrafes et les dés à coudre. Les usines de Saint-Sulpice occupent aujourd'hui huit cents ouvriers, c'est dire l'importance de cette maison. L'exposition de M. Bohin était des plus intéressantes et le Jury lui a décerné un grand prix.

M. Marquis, à Rugles (Eure), possède quatre usines pour la fabrication des pointes fines, épingles, épingles à cheveux, agrafes, anneaux et divers articles pour la mercerie et la sellerie. C'est une importante maison dont le matériel contient jusqu'à cent bobines à tréfiler. Les produits des établissements de M. Marquis, notamment l'épingle dite *métal blanc,* sont des plus appréciées et le Jury leur a attribué une médaille d'or.

Les fils de Charpentier, qui ont leurs usines à Saint-Denis (Seine) et à Mérouvel-Laigle (Orne), sont des fabricants d'aiguilles et d'épingles de toutes sortes. Leur maison, qui remonte à 1819, aurait été la première à introduire en France la fabrication des aiguilles. Depuis 1896, les fils de Charpentier ont renouvelé l'outillage de leurs usines; les échantillons qu'ils présentaient étaient d'exécution soignée. Une médaille d'or a été donnée à cette exposition.

M. Noël Leroy, à Orléans, qui a reçu une médaille d'argent, fait exclusivement des épingles pour la coiffure par procédé mécanique. Le vernis qui recouvre ces épingles offre une grande résistance, qualité très appréciable en l'espèce.

Enfin M. Maurice Lhuillier, à Paris, a comme spécialité les épingles de fantaisie pour chapeaux, châles, etc., les agrafes, les boucles et objets divers en métal habillé pour parure. C'est une fabrication essentiellement parisienne. M. Lhuillier a obtenu une médaille de bronze.

Sections étrangères. — L'*Allemagne* était représentée par trois exposants. La maison Ernst Beckert, à Chemnitz (Saxe), est une manufacture d'aiguilles pour la bonneterie en tous genres et de billes en acier de toutes grosseurs pour cycles, automobiles, mécanique, etc. Les aiguilles à becs sont fraisées et aiguisées au lieu d'être estampées et découpées; ce procédé assure plus d'élasticité et de solidité aux produits. Une médaille d'or a été attribuée à M. Beckert.

MM. Funken frères, à Aix-la-Chapelle, fabriquent des aiguilles pour machines à coudre de tous systèmes, et MM. Nobis et Thissen, également à Aix-la-Chapelle, des épingles de toutes sortes pour la coiffure et la parure. Tous ces articles sont fabriqués en acier trempé. L'exposition de ces deux maisons, auxquelles le Jury a décerné une médaille d'argent, était présentée avec beaucoup de goût.

La *Grande-Bretagne* comprenait l'Exposition collective de Redditch, composée des maisons Bartleet and sons, Henri Milward and sons, John James and sons et Kirby Beard and C°. Cette exposition était des plus remarquables. Les maisons Bartleet et Milward sont les plus anciennes d'Angleterre et leurs produits sont d'une exécution véritablement parfaite; le chas des aiguilles est d'une régularité irréprochable et la tige est finement appointée et d'un beau poli. Les autres aiguilles pour machines à coudre et à broder, les crochets et les objets divers pour ouvrages de laines, les hameçons pour les pêches

de mer et de rivière qui sont une spécialité importante de ces maisons, tout cet ensemble ne laissait absolument rien à désirer.

Les maisons John James and sons et Kirby Beard and C° complétaient cette collectivité, à laquelle le Jury, faisant une moyenne des notes obtenues individuellement par chacun des quatre exposants, a accordé une médaille d'or.

Une autre maison de Redditch, William Avery and sons, ne s'était pas jointe aux quatre précédents fabricants. Elle a obtenu une médaille d'argent pour ses aiguilles à coudre de différents modèles.

ÉTIRAGE AU BANC.

L'étirage au banc consiste à rectifier, à froid, les différents profils de toutes sortes de métaux sortant du laminage à chaud et à produire aussi, au moyen des jeux de filières, des profils divers de moulures ou de pièces de forme pour la mécanique, l'électricité, la serrurerie d'art, etc. C'est, en résumé, une des formes de la tréfilerie qui trouve naturellement sa place dans ce chapitre.

La Société la Gallia, à Suresnes (Seine), représentée par M. V. Gueldry, administrateur délégué, directeur général, a succédé à la maison V. Gueldry, Grimault et Tillier, qui s'était fait une spécialité d'étirage au banc. L'industrie pratiquée par la Gallia est divisée en quantité de branches distinctes, dont la principale est la fabrication des tubes de toutes sortes en acier, laiton et cuivre. Les tubes en acier sont d'abord laminés, ceux en laiton et en cuivre sont fondus, et tous sont terminés par l'étirage au banc. Viennent ensuite les étirages de tous les profils, soit en fer ou acier, laiton ou cuivre, maillechort ou aluminium. La fabrication des chaînes Galle, celle des colliers métalliques des chevaux de traits, l'emboutissage des métaux sont encore pratiqués par cette maison, ainsi que les tubes à section renforcée et les tubes coniques dont l'emploi est aujourd'hui courant dans la construction de la bicyclette et les châssis d'automobile. L'exposition de la Gallia comprenait, en outre, des profils obtenus par les procédés Dick. On sait que ce procédé consiste dans un alliage nouveau qui, fondu à l'état de matière molle, passe ensuite dans une filière. On obtient ainsi maints profils à un prix relativement peu élevé et considérablement moins coûteux que par les procédés anciens. Le Jury a attribué un grand prix à cette très intéressante exposition.

MM. Curtit et Cie, à Paris, sont d'habiles étireurs de métaux. Les tubes spéciaux, renforcés à un point quelconque de leur longueur, montrent les progrès faits dans cette industrie. De nombreux profils, des moulures de toutes formes, des pièces détachées pour la petite mécanique, l'électricité et les instruments de précision complétaient l'exposition de MM. Curtit et Cie, très ingénieusement présentée et à laquelle le Jury a donné une médaille d'or. M. Marinier, ingénieur dans la maison, a reçu une médaille d'argent comme collaborateur.

MM. Monier, Seitert et Pommeret, à Paris, connaissent aussi parfaitement leur métier; les spécimens qu'ils présentaient, d'exécution difficile, étaient très réussis.

MM. Desnoyers frères, qui ont une usine à Laigneville (Oise), fabriquent plus spé-

cialement des tubes sans soudure en tous métaux et de formes divers. Leurs tubes à trous multiples sont à signaler.

Une médaille d'argent a été accordée à chacune de ces deux maisons.

La maison Benoit, Singery et Cie et la maison Jamelin, toutes deux à Paris, se livrent à la même industrie de l'étirage et de la fabrication des tubes. Les modèles présentés étaient de bonne exécution. Chacun de ces exposants a reçu une médaille de bronze.

Les Anciens établissements Barrière, à Paris, pratiquent spécialement le décolletage, la fabrication des vis cylindriques et des petites pièces de précision. C'est une importante maison à laquelle il a été donné une médaille d'argent.

La même récompense a été accordée à MM. Hurtel frères, à Tully (Somme), dont l'exposition contenait des spécimens variés et très habilement exécutés de leur fabrication. A signaler notamment les percuteurs pour fusils, pour lesquels une tolérance de 3 centièmes de millimètre est seulement permise.

MM. Rodet et Bernard, à Paris, sont des mécaniciens, tourneurs et décolleteurs habiles dans leur profession et auxquels le Jury a attribué une médaille de bronze.

M. Mosnier, à Paris, joint à l'industrie qui nous occupe la fabrication des nombreux articles de quincaillerie fine, charnières, poignées découpées, serrures automatiques pour boîtes et jumelles. Il a reçu une médaille d'argent.

Pour terminer, nous rappellerons que les fils d'Adolphe Mougin, d'Héricourt (Saône), font aussi le décolletage de précision pour l'horlogerie, la visserie et l'industrie électrique. Cette spécialité est une annexe de leur fabrication principale, pour laquelle une médaille d'argent leur a été donnée.

M. Laurent est un fabricant de calibres et de jauges pour fil de fer et vis, d'instruments anthropométriques pour la mensuration, de mesures linéaires métalliques. Tous ces objets sont établis avec un soin irréprochable et une très grande précision ; ils ont valu à cet exposant une médaille d'or.

MM. Buhler et Cie, à la Jonchères (Seine-et-Oise), fabriquent des tuyaux métalliques flexibles, en métaux appropriés à l'usage auquel ces tuyaux sont destinés. Le tuyau métallique flexible est composé d'un ruban de métal enroulé helicoïdalement ; les tours de la spirale se superposent partiellement et forment entre eux une rainure qui est rendue tout à fait étanche au moyen d'une garniture intérieure qui est tantôt en caoutchouc, tantôt en amiante, suivant l'emploi desdits tuyaux. Pour de très hautes pressions, ces tuyaux sont doublés, mais chacun d'eux est roulé en sens inverse; adhérant parfaitement l'un dans l'autre, ils ne peuvent se dérouler, puisque les deux efforts se neutralisent. Le Jury a accordé une médaille de bronze à MM. Buhler et Cie.

Sections étrangères. — La *Grande-Bretagne* avait une exposition de tubes et moulures profilées des plus complètes. Nous devons signaler the Kings Norton metal company, limited, à Kings Norton, près Birmingham, à laquelle le Jury a attribué une médaille d'or pour sa belle exposition de tubes de toutes formes en acier, en alliage de nickel et d'acier, ou de nickel et de cuivre et en aluminium.

MM. Evered and C°, à Birmingham, ont reçu la même récompense pour leurs tubes moulurés et gravés, moulures et feuilles diverses servant soit à la décoration des appartements et des escaliers, soit à la fabrication de la literie métallique. Les produits de cette maison sont parfaits d'exécution.

MM. Earle and C°, à Birmingham, pratiquent la même industrie. Un bel assortiment de tubes coniques et de tubes gravés est à signaler.

La Metallic Roofing Cy of Canada, à Toronto (Canada), fabrique plus spécialement des bandes ou filets de corniches et des lattes en acier étirées et moulurées.

Chacun de ces exposants a reçu une médaille d'argent.

L'industrie du décolletage était représentée par MM. Davis et Timmins, à Londres. Leur vitrine comprenait quantité de vis cylindriques et d'objets à l'usage d'instruments de précision et obtenus, la plupart, à l'aide de machines automatiques dont cette maison possède le brevet. Une médaille d'or a été donnée à MM. Davis et Timmins.

Dans les *États-Unis* la Metallic flexible tubing Cy, à Philadelphie, a obtenu une médaille de bronze pour ses tubes flexibles présentant quelque analogie avec ceux fabriqués par MM. Buhler et Cie, cités plus haut.

Nous retrouvons en *Suède* les usines de Fagersta, déjà citées, qui comptent parmi leurs nombreuses spécialités la fabrication des tubes laminés et étirés à froid.

La Société anonyme de Skultuna, à Skultuna, qui a reçu une médaille d'or pour l'ensemble de son exposition, se livre à la fabrication de toutes sortes d'objets en cuivre et en laiton, tels que fils et cables, tubes et barres, ustensiles pour la laiterie et toutes espèces d'armatures pour l'emploi de la vapeur, du gaz et de l'eau. Elle construit aussi des appareils d'éclairage à gaz et à l'électricité, et des instruments de ménage. Les origines de cette maison sont très anciennes; la date de sa fondation remonte à 1611.

La *Suisse* comptait trois exposants. MM. Édouard Dubied et Cie, à Couvet (canton de Neuchâtel) et M. Frey, à Bubikon (Zurich), qui ont obtenu une médaille d'argent, présentaient des échantillons de visserie de précision, ainsi que des pièces détachées pour la construction des vélocipèdes et des automobiles. M. Frey fait, en outre, des machines automatiques pour la fabrication de la visserie.

M. Seyboth, récemment installé à Genève, a reçu une médaille de bronze pour des objets similaires.

RESSORTS.

Nous avons vu que d'importantes usines de tréfilerie et de laminage se livraient à la fabrication des ressorts; en dehors de ces maisons, nous citerons trois exposants parisiens qui pratiquent exclusivement cette industrie, à laquelle les constructeurs mécaniciens, les fabricants d'automobiles, de cycles, de jouets mécaniques assurent des débouchés appréciables.

La maison Tarpin et Boyer exposait des ressorts de tous genres, en boudins, à lames, en acier et en laiton, ainsi que des couteaux droits et circulaires. Les ressorts

forgés sont à signaler pour leur fini d'exécution. Cette maison a obtenu une médaille d'argent.

M. Léon Mangin fabrique des ressorts en boudin dont la qualité de trempe est remarquable et les spires d'une régularité parfaite.

M. Pitois fait des ressorts pour toute industrie, à l'exclusion des ressorts de montres et de pendules. Sa fabrication est aussi très soignée.

Chacun de ces exposants a obtenu une médaille de bronze.

Dans les sections étrangères, nous rencontrons la maison Géo Salter and C°, à West-Bromwich, dans la *Grande-Bretagne,* qui fabrique des ressorts pour appareils de pesage, dynamomètres, manomètres, etc., et généralement pour la mécanique de précision. Les ressorts pour canons Maxims sont aussi une de ses spécialités. Le Jury lui a attribué une médaille d'argent.

Cette importante maison construit en outre des appareils de pesage, ainsi que des distributeurs automatiques et des appareils à écrire.

La Société de Tidaholm, en *Suède,* a obtenu une médaille de bronze pour ses ressorts de voiture construits spécialement pour le véhicule très employé en Suède et connu sous le nom de « charrette de Tidaholm ».

IV

TAILLANDERIE, OUTILS DIVERS.

La taillanderie consiste essentiellement en une fabrication d'outils à taillants ou à pointes et encore d'outils tranchants.

Alors qu'autrefois certaines catégories d'outils étaient faites exclusivement dans des régions déterminées constituant pour elles une sorte de monopole, les progrès réalisés depuis par la grande métallurgie de l'acier et les perfectionnements apportés à l'outillage industriel ont permis d'étendre dans une large mesure les rayons de production et ont rendu la concurrence possible. C'est ainsi que nous voyons d'importants établissements fabriquer toutes sortes d'outils à taillants, à pointes et tranchants. La Classe 65 était loin de contenir tous les produits de la taillanderie; néanmoins elle renfermait des expositions très intéressantes, parmi lesquelles nous citerons, en première ligne, celle des Fils de Peugeot frères, à Valentigney (Doubs). Cet important établissement comprend trois usines : Valentigney, Beaulieu et Terre-Blanche. A Valentigney se trouvent les ateliers pour le laminage à chaud des aciers pour scies, buscs et ressorts divers, pour le finissage de ces articles ainsi que pour la fabrication des fers de rabots, des binettes, truelles, hachoirs, etc. La production annuelle est de 1 million de scies de toutes formes et de toutes dimensions, 1,300,000 rabots, 12,000 kilogrammes d'aciers laminés divers.

Beaulieu contient de vastes ateliers pour le laminage à froid des aciers destinés à la fabrication des scies, des ressorts et des buscs produits par Valentigney, plus une importante tréfilerie. Cette usine possède, en outre, des ateliers considérables pour la fabrication des bicyclettes et des motocycles.

C'est à l'usine de Terre-Blanche que se font les divers outils pour menuisiers, charpentiers, tourneurs, serruriers, maréchaux, etc., l'outillage agricole, tel que fourches et râteaux en acier. A cette fabrication est adjointe celle des moulins à café et à poivre, des concasseurs pour graines, des tondeuses pour chevaux, des charrettes des modèles les plus divers. Cette usine produit annuellement 350,000 moulins à café, 800,000 fourches, 1 million de ciseaux forgés, sans compter les autres spécialités qui présentent la même importance.

Toutes ces variétés sont fabriquées mécaniquement à l'aide d'un matériel et d'un outillage des plus perfectionnés, ce qui leur assure une grande régularité de forme.

Quand nous aurons dit que la production annuelle de ces usines s'élève à 4,500,000 kilogrammes d'objets fabriqués; que le personnel d'ouvriers et d'employés est actuellement de 2,865, et que la force motrice qui assure le fonctionnement du matériel est de 3,900 chevaux, nous aurons, par cette simple énumération, donné une suffisante idée de l'importance de cette maison de tout premier ordre.

La belle exposition des Fils de Peugeot frères renfermait des spécimens des nombreuses spécialités de leur fabrication, remarquables aussi bien par leur fini d'exécution que par la qualité des matières premières employées. Elle se trouvait mise hors concours, en raison des fonctions de juré de classe qu'exerçait M. Peugeot, mais le Jury a été heureux d'accorder une médaille d'or de collaborateur à M. Feurstein, directeur de l'usine de Valentigney, et la même récompense à M. Meyriat, directeur de Terre-Blanche.

Venaient ensuite les Forges et fonderies d'Alais auxquelles il a été attribué une médaille d'or pour les socs de charrues, versoirs, pioches, marteaux, pelles, etc., provenant des usines de Firminy et de la Sauvanière, exploitées précédemment par M. Limouzin et reprises, depuis 1895, par les Forges et Fonderies d'Alais. Tous les objets exposés présentaient le caractère d'une parfaite exécution.

M. Léon Gautier, rue du Temple, 20, à Paris, et M. Victor Gautier, rue Rochechouart, 5, à Paris, se livrent tous deux à la même spécialité d'outils pour le travail du bois et à l'usage des menuisiers, charpentiers, charrons, ébénistes, tonneliers, etc. M. Léon Gautier a reçu une médaille d'or et M. Victor Gautier une médaille d'argent. Ce sont deux bonnes maisons rendant service à l'industrie parisienne qui travaille le bois.

M. Drouaillet-Guny, également à Paris, fabrique des couperets et des articles de coutellerie à l'usage de la boucherie ; il est breveté pour un système d'allonge tournante à barre à filet.

M. Vergez fils, à Paris, s'est spécialisé dans l'outillage complet du tapissier. Sa griffe pour poser et tendre les tapis est tout à fait pratique.

M. Hector Remongin, à Vicq (Haute-Marne), s'occupe d'outils tranchants pour la sylviculture, la viticulture, l'horticulture et aussi pour les ouvriers du bâtiment.

M. Clerget, à Dijon, fait des petits outils et notamment des outils de jardin.

Ces diverses expositions présentaient un réel intérêt ; le Jury a décerné une médaille de bronze à chacun des trois premiers exposants et une mention honorable au dernier.

Sections étrangères. — Les sections étrangères avaient aussi de remarquables expositions.

Nous trouvons, en *Allemagne,* la maison R. et H. Worster, à Hagen (Westphalie), qui présentait de très beaux produits de la taillanderie : haches, herminettes, couteaux à betteraves pour les sucreries, pioches, marteaux, barres à mines, etc., en acier forgé. Les œils des pioches, des marteaux, sont enlevés à la presse. Cette maison a obtenu une médaille d'or.

La même récompense a été attribuée au Comité spécial industriel de l'arrondissement de Steyr, dans la *Haute-Autriche,* qui comprenait de nombreux fabricants d'outils les plus divers, principalement des couteaux et tranchets de formes variées pour cordonniers. Les ornements figurant sur les manches des couteaux sont à signaler.

Dans les *États-Unis,* si l'on considère l'intérêt capital que portent les industriels

américains à l'outillage, on comprendra le développement atteint par cette branche d'industrie; aussi les exposants de cette nation étaient-ils relativement nombreux.

La Simonds manufacturing company, à Fitchbury (Mass.), fabrique spécialement des scies et des couteaux mécaniques. Les procédés de fabrication de cet établissement se font remarquer par la disposition suivante : après la trempe, les scies sont placées dans un four à tempérer entre deux disques tournants perforés dits «formers»; par suite de la distribution régulière de perforations dans ces disques et de la construction spéciale de ce four, une chaleur uniforme arrive aux scies. Tandis qu'elles sont soumises à cette action, il se produit en même temps une pression hydraulique sur le côté qui rend les scies parfaitement planes et leur assure une rigidité qu'elles conservent indéfiniment. Les scies à deux mains affilées en croissant laissent une épaisseur absolument uniforme sur le côté denté, de sorte qu'il n'est pas nécessaire de donner plus de voie à une dent qu'à l'autre.

Tous les produits exposés étaient très bien présentés et une médaille d'or a été accordée à cette exposition.

MM. Atkins and C°, à Indianapolis (Indiana), sont également des fabricants de scies réputées. A cette fabrication, ils joignent celle des machines pour affûtage ainsi que des accessoires pour la monture des scies.

M. Plumb (Fayette R.), à Frankford, Philadelphie, produit des hachettes, couperets, herminettes, serpes et des marteaux. Tous sont de formes pratiques et bien en mains. La qualité de la trempe ne laisse rien à désirer.

Chacune de ces deux importantes maisons a reçu une médaille d'or.

L'Ohio tool company, à Columbus (Ohio) et à Auburn (New-York), présentait une grande variété d'outils à travailler le bois, dont la plupart sont produits par des machines automatiques.

Stanley rule and level company, à New-Britain (Connecticut), se livre à la même fabrication que la précédente maison et a reçu, comme elle, une médaille d'argent pour ses rabots métalliques cintrables et ses niveaux.

North brothers manufacturing company, à Philadelphie, produit spécialement des tournevis qui, à l'aide d'une tige filetée héliçoïdale et d'un mécanisme à rochet, agissent aussi bien en montant qu'en descendant.

Pike manufacturing company, à Pike Station (New Hampshire), exploite une nature spéciale de pierre servant à aiguiser les outils tranchants et à les polir. Elle donne à ces pierres des formes pratiques qui les rendent facilement utilisables. Chacun de ces deux établissements a reçu une médaille d'argent.

Grande-Bretagne. — La région de Sheffield est grande productrice d'acier et, par suite, d'outillages de toutes sortes; aussi des quatre exposants de la Grande-Bretagne qui figuraient dans la catégorie qui nous occupe, trois avaient leurs établissements à Shieffield.

MM. Beardshaw J. and son (Baltic Steel Works, Sheffield) exposaient également à la Classe 64. Les outils et les scies fabriqués exclusivement avec les aciers fondus et pro-

filés qui sortent de leurs usines sont bien compris. L'ensemble de leur exposition leur a valu une médaille d'or.

Andrew (Jno-Hy) and C° limited (Toledo Steel Works, Sheffield) présentaient des échantillons d'acier fondu au creuset, de qualité supérieure, pour la fabrication des outils pour tours, pour machines à couper, à creuser et à planer. Ils avaient joint des forets et des machines à forer, des matrices et des emporte-pièces, des échantillons de marteaux divers, de ciseaux et d'outils pour mineurs, tels que pics et coins; des plaques composées pour chambres fortes et coffres-forts, le tout de bonne composition.

M. Daniel (S. A. limited), à Birmingham, présentait, en dehors des presses à copier qui forment l'une de ses spécialités, des filières et des tarauds, des coussinets, des mèches, des machines à tarauder, et un outil à combinaison pour sectionner les tubes de diamètre moyen.

MM. Seebohm and Dieckstahl limited, à Sheffield s'attachent spécialement aux aciers de qualité pour scies et outils divers à taillants et à tranchants, pour billes et coussinets à billes et pour ressorts. Cette exposition renfermait de nombreux échantillons d'acier classés suivant leur dureté et leurs différentes teneurs en carbone, avec indication de l'usage auquel chaque échantillon est réservé.

Une médaille d'argent a été la récompense attribuée à chacune de ces trois intéressantes expositions.

Un seul exposant pour la *Grèce*, M. Baveas, à Athènes, qui fabrique des tranchets pour cordonniers.

Dans la *Hongrie*, nous rencontrons quantité de petits industriels qui, à l'aide de marteaux actionnés par la force hydraulique, ou martinets, produisent des bêches, des houes, des pelles, des coutres de charrues, et, en général, tout le petit outillage nécessaire aux travailleurs agricoles. Les objets exposés étaient de bonne exécution.

Une médaille de bronze a été accordée à chacun des exposants suivants :

MM. Bodenlosz, à Metzenzef; Broszsl (Joseph), à Alzo Metzenzef; Gedeon aîné et Cie, à Metzenzef; Golb (Mathieu), à Metzenzef; Helm (François), à Szent-Tudre; Mullner (Joseph) et Cie, à Alzo Metzenzef; Pohm (Simon) et Cie, à Alzo Metzenzef; Syndicat des taillanderies, à Alzo Metzenzef; Tomasch (Joseph), à Metzenzef.

L'énumération qui vient d'être faite indique que Metzenzef est, en Hongrie, le principal centre de production de la taillanderie.

M. Miller (Martin) fils, à Budapest, qui exposait une scie circulaire, des couteaux lissoirs pour l'industrie du cuir et des couteaux faucheurs, a reçu également une médaille de bronze.

La section *russe* n'offrait qu'une exposition de taillanderie, celle des Usines de Billnaes et qui était placée dans le pavillon si pittoresque de la Finlande. Les usines de Billnaes sont des plus anciennes; elles ont été récemment transformées et agrandies. Elles produisent aujourd'hui quantité de pelles, de pioches, de haches et d'outils divers pour le travail et l'abatage des bois; des outils de forge, des marteaux pour cloutiers et cordonniers, des instruments aratoires de bonne fabrication.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Cette intéressante exposition a reçu une médaille d'argent pour les objets ressortissant à la Classe 65.

La *Suède,* grande productrice d'acier de qualité, présentait de nombreux échantillons d'outils à taillants ou à pointes, fabriqués la plupart, par les importantes usines dont nous avons parlé dans les chapitres précédents traitant soit du tréfilage, soit de la clouterie. C'est ainsi que la Société de Uddelhom, qui a obtenu un grand prix, compte parmi ses diverses spécialités la fabrication des outils à travailler la pierre et des outils pour la forge; que l'exposition remarquable de la Stora Kopparberg comprenait des haches, des massettes, des outils de différentes formes pour la taille des pierres et des roches, ainsi que des outils à tourner; que l'importante usine de Fagersta présentait des échantillons de lames de scies et de scies circulaires, des outils pour machines à raboter, des massettes et des pics.

La spécialité des usines de Hult consiste dans la fabrication des haches produites avec l'acier de Fagersta. Les modèles exposés étaient tout à fait remarquables par le fini d'exécution, la qualité de la trempe et de la matière employée. Hult fournit jusqu'à 250,000 pièces par an.

La Société d'Iggesunds fabrique des lames de scies, des scies circulaires, des outils de machines à raboter, ainsi que des massettes, des marteaux et autres outils pour l'exploitation minière.

Nous rappellerons qu'une médaille d'or a été attribuée à chacune de ces quatre expositions.

La Société de Wedevags, qui a reçu une médaille d'argent, produit spécialement des bêches, des pelles, des fourches et des râteaux.

Larsbo-Norms et Soderfors font des outils de toutes formes, des mandrins divers. Soderfors ajoute à sa fabrication des enclumes à vis, des ressorts et des vis à ressorts. Ces deux usines ont reçu une médaille de bronze pour les objets présentés dans la Classe 65. Elles avaient, comme les établissements précédents, une exposition mixte avec la Classe 64, car tous ou presque tous transforment une partie de leur production en outils divers.

FAUX.

L'emploi de la faucheuse mécanique tend de plus en plus à réduire l'usage de la faux qui autrefois était, pour ainsi dire, universellement employée. La fabrication de la faux est toute spéciale, compliquée et minutieuse à la fois; elle demande des ouvriers exercés, et c'est pourquoi elle se trouve localisée dans certains centres bien définis. Nous emprunterons à un précédent rapport les détails de cette fabrication généralement peu connue.

Les faux françaises se font presque exclusivement en acier fondu au creuset, de qualité à la fois résistante et souple, prenant bien la trempe et revenant au recuit sans s'amollir.

Les barres laminées à dimensions sont d'abord coupées en barrettes, d'un poids

déterminé d'après celui de l'outil à fabriquer, opération qui se fait exactement, pour éviter les déchets, à l'aide d'une sorte de balance hydrostatique. Ces barrettes étirées au martinet fournissent les ébauches appelées *couteaux*, dont une des extrémités amincie se termine en biseau et dont l'autre est repliée à angle droit pour former le manche; cet étirage demande beaucoup de soins et le *coutelier* qui l'exécute doit, pour le faire avec précision, avoir une longue pratique. L'ébauche passe ensuite aux mains du *platineur* qui donne à la faux sa courbure et étire l'acier en travers en ménageant sur le bord extérieur une côte saillante qui doit avoir une régularité parfaite; le platineur amène ainsi, par une série de chaudes successives, la lame à son épaisseur normale, travail délicat et difficile qui, pour ne pas donner lieu à des rebuts nombreux, exige des ouvriers très exercés et très soigneux. C'est là l'écueil de cette fabrication, car les bons platineurs sont rares et le nombre ne tend pas à s'accroître, les maisons tenant peu à former des élèves chez lesquels ils risqueraient de trouver des concurrents. On peut dire d'eux, à juste raison, qu'ils composent une sorte de corporation fermée comme les corporations du moyen âge, et jalouse comme elles de ses prérogatives. Aussi, dans l'intérêt de l'industrie, serait-il à désirer que l'on parvînt à introduire dans certaines des parties essentielles de la fabrication les procédés rapides et économiques du laminage; malheureusement, les tentatives faites jusqu'ici dans ce sens ont toujours été infructueuses et le travail à la main continue à s'imposer. L'étirage et le platinage se font donc et se feront sans doute longtemps encore au martinet, instrument primitif mû d'ordinaire par une petite roue à palettes droites qui fait une grande consommation d'eau pour un faible effet utile, mais qui est commode à manœuvrer et qui, en somme, est bien approprié au travail auquel il est destiné. Après le platinage, vient encore toute une série d'opérations diverses : le platinage, la trempe, le recuit, le relevage, l'aiguisage et le finissage comportent chacun un certain nombre de manipulations, si bien que la faux, cet outil si simple, mais d'une fabrication si compliquée et si intéressante, où tout est, en quelque sorte, tour de main, qui pèse en moyenne 1 kilogramme et qui se vend 1 à 2 francs au gros marchand, absorbe, en définitive, en main-d'œuvre plus de 80 p. 100 de sa valeur.

La maison Dorian-Holtzer, Jackson et Cie fabrique dans son usine de Pont-Salomon (Haute-Loire) plus de 400,000 pièces : faux, faucilles, volants et serpes de toutes formes, sur les types spéciaux aux pays de consommation; les faux à talon pour herbes longues sont à signaler.

Nous rencontrons ensuite, dans la section *allemande*, l'exposition des produits de même nature des établissements de M. Huber (Franz) à Muelbach, près Oberandorf, en Bavière, dont la fabrication est renommée.

L'Union centrale des fabriques de faux d'Autriche présentait aussi de beaux spécimens de sa fabrication. Cette collectivité, qui comprenait 42 maisons, produit annuellement 12 millions de faux, faucilles, hache-pailles, dont les trois quarts sont exportés. La Styrie a, pendant bien des années, alimenté l'Europe; les faux d'Autriche sont d'ailleurs réputées pour leur légèreté et leur résistance. Les martinets mus autrefois par la force

hydraulique sont, dès à présent, actionnés par des accumulateurs d'électricité, et les décorations appliquées sur les lames des faux sont obtenues par un procédé électrique.

Les Usines Possehl, en *Russie,* joignent à la fabrication des clous et des fers à cheval celle des faux et faucilles et produisent annuellement, dans leur usine spéciale de Vileiskaia, un million de pièces diverses qui trouvent leurs débouchés en Russie et en Sibérie. Les Usines métallurgiques de l'Oural, qui appartiennent à la Couronne, se livrent, dans leur établissement d'Artinsk, à cette même industrie.

Une médaille d'or a été uniformément attribuée aux exposants de cette même catégorie.

LIMES.

La lime, comme la faux, est une spécialité qui demande des ouvriers habiles et exercés. La matière première doit être de qualité exceptionnelle et offrir à l'usure le maximum de résistance. Depuis les progrès réalisés dans la production de l'acier, cette industrie s'est implantée un peu dans tous les pays. Son développement cependant est loin d'être en rapport avec celui de l'industrie du métal ; cela tient à l'emploi de plus en plus fréquent des meules à émeri et des outils mécaniques de précision créés en vue de produire l'objet fabriqué sans retouche aucune ; néanmoins l'usage de la lime s'impose dans bien des cas. Les méthodes de fabrication sont restées sensiblement les mêmes depuis 1889. Le forgeage mécanique des ébauches qui se substitue peu à peu au forgeage à la main et l'emploi des machines à tailler paraissent devoir prendre une extension sans cesse croissante. La trempe et le recuit ont une importance capitale dans la fabrication de la lime, et c'est sur ce point que s'est porté l'effort principal des fabricants. Le nombre des ateliers représentés était relativement peu élevé. Dans la section française on comptait deux exposants seulement.

La maison Saint-Edme Rémond et fils, à Paris, est des plus anciennes. Elle a été fondée à Versailles en 1792, par les père et grand-père des directeurs actuels. Les produits de cette maison sont réputés. la taille et la trempe des limes et des râpes sont faites avec beaucoup de soin. Des perfectionnements appréciables ont été apportés aux fours à recuire ; il en est de même pour l'affûtage au jet de sable, à deux jets convergents, qui a lieu après la trempe. Le Jury a décerné une médaille d'or à la remarquable exposition de MM. Saint-Edme Rémond et fils.

La Société Cabet, Bourisset et Cie, également à Paris, qui comprend quinze associés et emploie, en outre, trente ouvriers, a obtenu une médaille d'argent pour sa collection de limes et de râpes de belle fabrication.

Sections étrangères. — Dans les sections étrangères, nous citerons les Usines d'outillage de la Montagne Verte, « Gruneberger Werkzengwerke », à *Strasbourg,* qui fabriquent spécialement des limes et des râpes de toutes formes et de toutes dimensions. Les échantillons exposés étaient parfaits comme taille et fini d'exécution. Cette maison construit des machines à tailler les limes dont le marteau creux est rendu plus

ou moins lourd, au moyen de cylindres massifs, suivant que la taille de la lime doit être plus ou moins fine. Ce marteau mobile se tourne ou se place de façon à obtenir soit une dent droite, soit une dent plus ou moins aiguë suivant l'usage auquel la lime est réservée. Cette exposition a reçu une médaille d'argent.

La maison Kearney and foote company, à *New-York,* était hors concours. Son exposition de limes et de râpes indiquait une bonne fabrication. Des machines-outils spéciales taillent à la fois deux limes rondes ou les deux côtés de deux limes plates. La taille à la main est remplacée, aux États-Unis, par la taille à la machine.

MM. J.-J. Saville and C°, à Shieffield, *Grande-Bretagne,* qui ont reçu aussi une médaille d'argent, présentaient des limes de formes diverses en acier fondu au creuset et d'une exécution parfaite. Ils font des outils de tout genre, des marteaux à moulins pour la taille des meules dans les moulins à farine.

La *Suisse* était représentée par les Usines métallurgiques de Vallorbe qui offraient une très belle collection de limes, burins et outils divers à l'usage de l'horlogerie et de la mécanique. Bon nombre de ces objets sont obtenus mécaniquement; certains, cependant, restent soumis à des pratiques spéciales d'atelier. Cet important établissement a reçu une médaille d'or à la Classe 22.

Nous terminerons ce chapitre en signalant que les Usines métallurgiques de l'Oural, déjà citées, joignent à leurs nombreuses spécialités la fabrication des limes et des râpes, et que la Compagnie Escocesa, à *Barcelone,* a reçu une médaille de bronze pour des produits analogues.

V

QUINCAILLERIE. — SERRURERIE.

Les produits de la quincaillerie sont des plus nombreux; nous n'examinerons dans ce chapitre que ceux qui se rapportent à la quincaillerie de bâtiment et d'ameublement et qui se rattachent à la serrurerie, c'est-à-dire aux ferrures et aux serrures. Nous aurons également à nous occuper des articles dits *de luxe,* fabriqués plus spécialement par quelques grandes maisons parisiennes dont l'exposition principale, en ce genre d'articles, figurait dans la Classe 66, classe du bronze d'art, mais qui, néanmoins, ont tenu à présenter dans la petite métallurgie des échantillons intéressants.

Deux de ces établissements qui tiennent depuis de longues années un rang des plus distingués dans l'industrie de la serrurerie et de la quincaillerie comptaient au nombre des exposants. C'étaient, d'une part, la maison Bricard frères, et de l'autre, la maison Fontaine frères et Vaillant, qui se trouvaient mises toutes deux hors concours, en raison des fonctions remplies par M. Alfred Bricard, comme membre du Jury supérieur, et par M. Henri Fontaine, comme membre du Jury de la Classe 65.

La maison Bricard frères (ancienne maison Sterlin) est des plus anciennes; sa fondation remonte à 1782, et l'usine que ces industriels possèdent à Woincourt, près d'Abbeville (Somme), a été créée en 1821. Depuis longtemps les produits de cette maison sont réputés à juste titre pour le soin tout particulier apporté aux détails de fabrication et pour la qualité des matières premières employées. C'est ce fini d'exécution qui a fait le succès de la marque S. T., aujourd'hui universellement connue. MM. Bricard frères ont su maintenir, à un haut degré, cette réputation confirmée maintes fois par les succès obtenus dans les expositions précédentes. Depuis 1889, ils ont apporté soit aux serrures de sûreté, soit aux serrures pour portes roulantes, de nombreux perfectionnements d'un caractère pratique et ingénieux, tout à la fois. Parmi ces inventions, nous signalerons notamment celles se rattachant aux serrures de sûreté à gorges, qui, tout en assurant une grande variété de combinaisons, permettent l'ouverture desdites serrures à l'aide d'une clef particulière ou passe-partout. Les nouvelles crémones à levier pour fermetures d'imposte, les becs-de-cane à deux folios pour portière de wagon de chemins de fer, les serrures spéciales pour écuries, les tringles de tapis à ressort supprimant les pitons fixés sur les marches d'escalier, toutes ces dispositions nouvelles sont bien comprises et appelées à rendre d'utiles services. Nous mentionnerons, en outre, le mécanisme qui permet le fonctionnement simultané de deux vantaux de porte en n'en actionnant qu'un seul, ainsi que les perfectionnements apportés aux chappes avec galets à double rotation, pour portes à coulisses. Cette énumération suffit à démontrer que MM. Bricard frères continuent à suivre la tradition qui a fait le succès de leur maison.

Leur exposition dans la Classe 65, conçue plus particulièrement au point de vue industriel, ne renfermait que quelques échantillons de ferrures de luxe et de bronze décoratif, mais remarquables par le bon goût, la pureté de style et le fini de la ciselure.

La maison Fontaine frères et Vaillant est des plus connues. En dehors des articles de bonne fabrication touchant à la quincaillerie de bâtiments et qui sont une des branches importantes de sa production, cette maison s'est davantage attachée, depuis 1889, aux articles de luxe. De l'article un peu trop marchand qu'elle avait produit jusqu'alors, elle chercha à s'élever à des conceptions plus artistiques; et elle y réussit pleinement ainsi qu'en témoignent les objets de différents styles qu'elle exposait dans les Classes 65 et 66. Les serrures, les crémones, les espagnolettes et les entrées décoratives procédant des styles de la Renaissance, Louis XIV, Louis XV, Louis XVI et de l'Empire, sont des mieux traitées et conservent cette sobriété qui en fait le mérite et le charme; la forme, la ciselure, la dorure et la décoration en général de ces objets ne le cèdent en rien comme fini et élégance aux modèles qui les ont inspirés. En ce qui concerne le style moderne pour le bâtiment et l'ameublement, les efforts faits par cette maison ne sont pas restés infructueux et leur exposition renfermait de beaux spécimens de ferrures en bronze, de charnières, de poignées, de boutons et d'entrée de formes nouvelles conçues en vue des formes également nouvelles qu'on donne volontiers aujourd'hui aux meubles et à la décoration mobile en menuiserie. Il y a là, de la part de la maison Fontaine frères et Vaillant, un effort de recherches et une initiative qui méritaient d'être signalés d'autant plus que le prix de ces objets de luxe est resté modéré.

La belle vitrine de cette importante maison contenait aussi des types de serrures brevetées à demi-tour incrochetables. Elle renfermait en outre des photographies rappelant l'installation de la succursale récemment fondée à Hanoï et qui s'est rapidement développée.

La maison Joseph Depoilly et Fleury, à Escarbotin (Somme), qui a été fondée en 1788 par le grand-père du chef actuel de la maison est aujourd'hui une des plus importantes manufactures de serrurerie de Picardie. Afin de donner à sa production le caractère d'uniformité et de fini qui, jusqu'alors, avait manqué, les serrures étant confectionnées par des ouvriers disséminés, travaillant individuellement, cette maison créa, en 1836, un atelier modeste. Grâce aux progrès constants réalisés dans l'outillage comme aussi dans les procédés de fabrication et qui ont eu pour conséquence le développement continu de son industrie, l'ancien établissement. après avoir subi de nombreuses transformations, occupe actuellement, tant au dedans qu'au dehors, près de 700 ouvriers et possède un outillage des plus perfectionnés. La vitrine de MM. Depoilly et Fleury contenait une grande variété d'échantillons de serrures de sûreté et de pênes dormants demi-tour entés d'une lame de bronze pour faciliter le glissement sur la gâche, de becs-de-cane de wagon à pêne en acier, avec poignée bronze, de sûretés à pompe dite *franco-américaine* et de sûretés usitées en Suisse, de serrures pour la marine, de boutons à béquilles à ressorts ramenant les béquilles dans leur situation nor-

male, ainsi que des cadenas de toutes sortes, paumelles estampées à nœuds rabotés et châssis de boîte à lettres avec pompe. A titre rétrospectif, on remarquait une serrure reconstituée d'après le pêne original retrouvé dans les fouilles de Pompéï. Nous rappellerons que cet important établissement est un des fournisseurs attitrés de l'administration de la Marine et de la Guerre et qu'il compte au premier rang parmi les maisons de fabrication vendant la serrurerie française à l'étranger.

A l'Exposition de 1889, la maison Depoilly et Fleury avait obtenu un grand prix; le Jury a été heureux de lui décerner à nouveau cette haute récompense.

MM. Camion frères, à Viviert-au-Court (Ardennes), fabriquent plus spécialement la ferronnerie de bâtiment. Leur vitrine renfermait une importante collection de ferrures de toutes sortes et d'articles de quincaillerie en fer, fonte, cuivre et alliages divers. Tous ces objets d'usage courant sont pratiquement conçus et leur exécution ne laissait rien à désirer. Depuis 1889, ces industriels ont apporté à leur outillage d'importantes améliorations qui leur permettent de lutter avantageusement contre la concurrence étrangère. Un grand prix a été attribué à leur belle exposition.

M. Dano, à Paris, qui a pris la suite de la maison Schlosser, se livre presque exclusivement à la fabrication des charnières, des fiches et des paumelles en tôle. Les machines spéciales et très perfectionnées qu'il a fait construire dans ses ateliers apportent à sa production, tout en réduisant le prix de revient, une régularité et un fini d'exécution qui méritent d'être signalés. Son intéressante exposition lui a valu une médaille d'or.

MM. Mermier et Cie, à Saint-Étienne, que nous avons déjà cités pour la clouterie et qui ont obtenu une médaille d'or possèdent, à Tinchebray, dans l'Orne, une importante usine où ils fabriquent des fourches, des bêches, des serrures et différents articles de quincaillerie connus sous le nom de quincaillerie de Normandie.

M. Martouret, à Saint-Étienne, mentionné également pour la clouterie, fabrique, dans son usine de Monistrol (Haute-Loire), des serrures et toutes sortes d'objets de quincaillerie et de ferronnerie pour lesquels il a reçu une médaille d'argent.

M. Dény, rue des Acacias, à Paris, est l'inventeur d'un système de serrurerie qu'il dénomme clef Diamant. Ce système procède de l'ancienne serrure à tourelle, avec cette différence que, dans les anciennes serrures et afin d'assurer une sécurité plus efficace contre toute tentative d'effraction, la tourelle était placée sur le coffre intérieur de la serrure, alors que, dans le système de M. Dény, c'est le canon même de la serrure qui remplit l'office de la tourelle ancienne, et c'est dans ce canon que se trouve logée la combinaison tout entière. Cette combinaison se compose de rondelles superposées aux diamètres intérieurs variables. La serrurerie à clef diamant est en usage depuis quelques années et ses applications sont devenues assez fréquentes.

MM. Picard frères sont des quincailliers parisiens qui font plus spécialement la serrurerie de bâtiment ordinaire et de luxe. Leur vitrine comprenait des crémones, verrous ciselés, serrures à répétition avec crémones, espagnolettes et paumelles de tous styles, de bonne exécution. Les articles de quincaillerie courante et leur système de

ferrures à galets mobiles pour portes roulantes sont également de bonne fabrication.

M. Charles Gollot, à Paris, successeur de la maison Gollot frères, continue la fabrication des becs-de-cane, serrures et boîtes de stores qui constituaient la spécialité de cette maison. Il a apporté plusieurs perfectionnements à ces différents objets et il a créé un système de tampon métallique et de piton d'application facile.

La Fonderie et les usines de Villedieu (Manche) ont adjoint à leur fonderie de cuivre et d'alliages divers, ainsi qu'à leurs ateliers de chaudronnerie et de repoussage, une fabrique de serrures spéciales brevetées, à pêne fixe et à pêne oscillant, qui sont adoptées par la Compagnie internationale des wagons-lits, la Compagnie générale transatlantique, les arsenaux et par de nombreux architectes. Ils font aussi des serrures à air.

M. Emile Guillet, à Viviert-au-Court, produit l'article des Ardennes, des paumelles en acier d'une fabrication spéciale, des crémones à bouton, à levier et à tringles indépendantes, des charnières, des arrêts de persiennes, des loqueteaux, des poignées sur platine et des poignées d'espagnolettes, et quantité d'objets divers soit en fer, soit en fonte, qui se rattachent à la quincaillerie en général.

M. Bourdillat, à Paris, fabrique, dans son usine de Morienval (Oise), des ferrures en cuivre pour l'ameublement, des poignées de tous styles et principalement des roulettes montées pour lesquelles il s'est spécialisé. Sa fabrication est très appréciée.

Une médaille d'argent a été attribuée à chacun de ces six exposants.

La vitrine de M. Louis Simon, à Paris, renfermait des ferrures et des serrures de luxe bien conditionnées, dont les modèles sont sa propriété et qui lui ont valu une médaille de bronze.

L'union des quincailliers de bâtiment, à Paris, et MM. Lesquivin et Varin, à Saint-Dizier (Haute-Marne), ont obtenu la même récompense, la première pour les serrures de bonne fabrication courante qu'elle exposait, et les seconds pour les serrures diverses, les accessoires en fer et en cuivre pour meubles et bâtiments, les étrilles, qu'ils présentaient.

La Serrurerie barrisienne, qui a son siège social à Bar-le-Duc, est de fondation récente. Elle a été constituée en vue de la fabrication des serrures d'après des procédés brevetés dont le caractère principal consiste à donner aux palastres et aux gâches des formes moins épaisses que les formes actuelles. Les palastres et les gâches confectionnés en tôle d'acier de 25/10 d'épaisseur sont emboutis d'une seule pièce, affectant des dimensions réduites et des formes simples. Les pênes et les folios ont subi des modifications, ainsi que presque toutes les parties complétant la serrure. Dans la serrure à gorge, les ressorts restent libres sur les gorges, sans être sertis. Cette société exposait, en outre, un système de gâche de répétition à crémone, dont le mécanisme situé dans le corps de la gâche permet de commander et de placer les tiges de la crémone dans la feuillure de la porte. La serrurerie barrisienne a reçu une médaille de bronze.

M. Honnard, à Paris, qui a obtenu la même récompense, possède à Oisême, près de

Chartres (Eure-et-Loir), une fonderie et une manufacture de clefs de toutes sortes. Les échantillons qu'il présentait étaient d'exécution soignée.

CRÉMONES, OBJETS DIVERS.

Nous rencontrons ensuite une catégorie d'exposants qui se livrent spécialement à la fabrication des crémones, des espagnolettes et des ferrures de luxe. Nous signalerons tout d'abord la maison Brun-Cottan frères, qui a obtenu une médaille d'or pour sa belle exposition de crémones de tous genres, d'espagnolettes de style, de cuivrerie et serrurerie artistique d'un beau fini d'exécution comme dorure et ciselure, comme feuillages et ornements repoussés au marteau. Cette maison a fourni les espagnolettes en cuivre placées aux croisées du Grand Palais des Beaux-Arts. Elle fait, en outre, des crémones estampées mécaniquement, d'un bon travail pour l'exportation, ainsi que d'autres crémones spéciales.

MM. Rouillard et Laplace, à Paris, pratiquent la même industrie; leur vitrine renfermait de fort beaux échantillons bien traités. Ils possèdent à Woincourt, dans la Somme, un atelier pour la fabrication des serrures à cadres et à coffres en cuivre ciselé et toutes serrures spéciales.

Mme veuve Proveux, à Paris, fait davantage la crémone et l'espagnolette de bonne fabrication courante.

M. Bezault, à Paris, s'attache surtout à la cuivrerie et aux ferrures de luxe en cuivre pour le bâtiment. C'est une ancienne maison dont les produits sont réputés avec raison.

Chacun de ces trois exposants a reçu une médaille d'argent.

La maison Camus, qui a obtenu une médaille de bronze, est plus récente. Elle possède aux Lilas, près Paris, une usine où elle produit des articles en porcelaine, en cristal, en cuivre uni et en cuivre ciselé et décoré à l'usage des bâtiments.

Parmi les fabricants de treuils et de ferrures de stores, nous mentionnerons M. Guitel, à Paris, qui s'est fait une véritable spécialité en ce genre. Son exposition comprenait une grande variété de treuils et d'articles spéciaux, de ferrures pour strapontins. Le Jury lui a décerné une médaille d'argent.

M. Carouzet, à Paris, qui a reçu une médaille de bronze, est un adroit praticien qui, en dehors de la serrurerie de sûreté, construit et installe des stores de toutes sortes.

M. Mansion, à Bougival (Seine-et-Oise), présentait plusieurs systèmes d'ouvertures et de fermetures de châssis d'aération d'un caractère pratique.

M. Paillet, à Reims, emploie pour ses ferrures de portes roulantes, ses pivots et ses colliers de grilles, le système à billes qui facilitent considérablement le fonctionnement.

M. Leglay, à Paris, est l'inventeur d'un système de paumelles spéciales à chambres à huile avec axe réglable, pour portes lourdes; de ferme-portes automatiques à lames

d'acier montés sur paumelles pour portes battantes en feuillure et pour portes va-et-vient. Tous ces objets sont de fabrication soignée.

Une médaille de bronze a été accordée à chacun de ces trois exposants.

MM. Pelletier et Cie, à Paris, sont des fabricants de ferme-portes de modèles particuliers, procédant ou de l'air comprimé ou de ressorts en acier facilement réglables.

M. Drouet et M. Paul Blanchet, tous deux à Paris, ont obtenu l'un et l'autre une médaille de bronze, le premier, pour sa fermeture spéciale de porte à plusieurs branches formant verrous et fonctionnant à l'aide de la serrure d'entrée, et le second, pour ses serrures et appareils avertisseurs à détonation, à sonneries variées et à lumière électrique.

M. Bazille, à Angers, a reçu la même récompense pour son système particulier de serrures à pêne dit « incrochetable ».

Des mentions honorables ont été accordées à plusieurs exposants ouvriers, notamment à M. Aubagne, pour son système quelque peu compliqué, à gorges et à pompes mobiles, à pênes circulaires; à M. Lefebvre, pour ses serrures de sacs de voyage; à M. Lecerf, pour sa plinthe automatique fonctionnant en même temps que la porte; à M. Martin Gaillard, pour ses porte-bouteilles et sommiers métalliques; à M. Coirmneur, pour son système de ferme-portes, et à M. Giraud, pour sa fermeture électrique.

Sections étrangères. — La *Belgique* était représentée par la maison Henri Dandois, à Bruxelles, qui a obtenu une médaille d'argent pour ses espagnolettes, crémones, boutons de portes, heurtoirs, paumelles et divers autres articles de cuivrerie; puis, par M. Mills, à qui le Jury a donné une médaille de bronze pour un système de ferme-porte à piston rotatif et de gâches spéciales pour serrures.

L'École pratique de ferronnerie de l'État, à Samokov (Bulgarie), présentait différents spécimens de serrures, de clefs, de ferrures pour bâtiments, de ferronnerie en fer forgé et ouvré pour rampes d'escaliers, grilles et balcons, et qui lui ont valu une médaille d'argent.

Le Gouvernement coréen, qui a reçu la même récompense, avait une curieuse collection de cadenas de forme usitée dans l'Extrême-Orient. La clef dont l'entrée est placée sur le côté du cadenas épouse la forme des paillettes en acier placées transversalement; par une simple poussée, le pêne se déclenche et le cadenas est ouvert.

Une médaille de bronze a été accordée à l'École des arts et métiers de Quito (Équateur) pour les travaux exécutés par ses élèves.

Les *États-Unis* offraient des expositions très intéressantes, parmi lesquelles nous signalerons celle de la maison Bommer brothers, à Brooklyn (New-York), qui comprenait des charnières à ressort en fer forgé ou laminé, bronze ou laiton, à double et à simple action. Dans les charnières en bronze ou en laiton, il est ajusté à l'intérieur un tube d'acier soutenant une rondelle d'acier sur laquelle tourne le collet de tension. La trempe des ressorts est faite de manière que leur milieu soit plus dur que leurs extrémités, afin d'éviter les risques de la rupture au point de contact; des rebords en relief

sont ménagés aux extrémités des plaques qui, tout en donnant une force de résistance plus grande, facilitent la pose d'une façon appréciable.

Eagle lock C°, à Terryville (Connecticut), est une importante manufacture de serrures, de cadenas, de clefs et de petite quincaillerie. Toutes les parties des serrures sont faites à l'aide de machines automatiques et de coins à combinaison pour estamper et cintrer ces différentes pièces.

The stanley works, à New-Britain, même État de Connecticut, emploie 1,000 ouvriers à la fabrication des charnières à billes, des ferrures de luxe bronzées, plaquées et ornementées, d'une exécution très soignée.

Yale and towne manufacturing C°, à New-York, possède, à New-Britain, une très importante manufacture de quincaillerie et de serrurerie dont les produits sont réputés. Son exposition présentait des ferrures bien comprises et bien exécutées. Ses serrures du type adopté par le general post-office sont simples et solides, et les clefs présentent une grande variété de combinaisons qui assure une grande sécurité.

Une médaille d'or a été accordée à chacune de ces quatre maisons.

Dewlin and C°, à Philadelphie (Pensylvania), produisent des boucles, des anneaux, des charnières et des gonds en fonte malléable et en fonte d'acier.

L'enterprise manufacturing C°, également à Philadelphie, se livre plus spécialement à la fabrication des objets à l'usage domestique, tels que hache-viandes, moulins à café, etc., tandis que la Stover manufacturing C°, à Freeport (Illinois), ne s'occupe que de la quincaillerie pour la construction.

Chacune de ces trois expositions a obtenu une médaille d'argent.

La Standard Caster and C^y, à New-York, produit des roulettes métalliques à billes pour meubles bien conditionnées, qui lui ont valu une médaille de bronze.

Dans la *Grande-Bretagne,* nous mentionnerons la maison Cartland et fils, de Birmingham, qui avait une très belle collection de ferrures en cuivre poli et ornementé, à laquelle le Jury a décerné une médaille d'or; puis la maison Adams, de Londres, qui présentait toute une variété de systèmes de ferme-portes et de mouvements pour ouvrir et fermer les châssis d'impostes, et dont l'intéressante exposition a reçu une médaille d'argent. Parmi les constructeurs qui avaient contribué à l'édification du pavillon royal de la Grande-Bretagne dans la rue des Nations, nous signalerons tout particulièrement les maisons : Starkie Gardner, pour ses poignées de serrurerie artistique et ses chenets; Iron Works, Smith, Hope and sons, Tornham, Longden, pour la ferronnerie artistique; la National accident prevention, pour ses charnières de châssis; Wrage, pour son mécanisme de fenêtres; Need and C°, pour les serrures à pompe, et Burt and Potts, pour les ferrures de bâtiment.

Un exposant *grec,* M. Chalikias, présentait des serrures pour lesquelles il a reçu une mention honorable.

La *Hongrie* comprenait la Fabrique d'ouvrages de serrurerie en bâtiment, à Nagy-Enyed, qui exposait des serrures à pênes, des loquets et des portes de fourneaux de bonne qualité, et qui a obtenu une médaille d'argent; puis M. Szirch, à Buda-Pesth,

dont les garnitures en bronze ou en laiton pour portes et fenêtres, bien fondues et correctement ciselées, lui ont valu la même récompense.

L'*Italie* offrait des serrures de sûreté, pour la plupart chefs-d'œuvre d'ouvrier, mais d'un mécanisme bien compliqué et présentant, par suite, de sérieuses chances de détérioration. MM. Acquadro, Ettore et Vetere ont reçu chacun une médaille de bronze. Une mention honorable a été accordée à MM. Barberino, Gerardi et Labella.

La *Roumanie* comprenait la maison Wolff, à Bucarest, qui a obtenu une médaille d'argent pour ses ferrures de bronze bien conditionnées. M. Hang, à Bucarest, exposait une serrure de coffres à condamnation à gorges; MM. Ortoni frères, à Iassi, des articles de quincaillerie de bonne fabrication courante; ces deux exposants ont reçu une médaille de bronze. M. Popesco, à Gara-Bacau, présentait une serrure de condamnation à clef américaine, et M. Saroaga, à Roman, divers modèles de serrures. Une mention honorable a été attribuée à chacun de ces exposants.

La *Russie* était représentée par plusieurs collectivités; c'est ainsi que l'Association des petites industries de Toula avait groupé quantité d'accessoires en cuivre pour portes et fenêtres : l'Exposition collective des petites industries de serrurerie, différents articles à l'usage domestique plus communément employés dans la contrée. Une médaille d'argent a été attribuée à la première exposition et une médaille de bronze à la seconde.

Une mention honorable a été accordée : à M. Ivachkevitch, à Pirisk, pour ses cadenas, et au docteur Oker-Blom, à Willmanstrand (Finlande), pour un modèle de cadenas pour prisons ou autres établissements de ce genre.

Nous terminerons ce chapitre en mentionnant deux très intéressantes expositions de patins : celle de la Star manufacturing C°, à Halifax (*Nouvelle-Écosse*), qui présentait des produits bien travaillés qui lui ont mérité une médaille d'or, et celle de la maison Hagen, à Christiania (*Norvège*), qui exposait des skis (raquettes ou patins de neige) d'excellente fabrication, pour lesquels elle a obtenu une médaille d'argent. Cette maison fait, en outre, d'autres articles de sport, mais qui ne sont pas du ressort de la petite métallurgie.

VI

COFFRES-FORTS.

Contrairement à ce qui a eu lieu pour l'Exposition de 1889, où l'industrie du coffre-fort était largement représentée, on ne comptait cette année que sept exposants français, trois maisons anglaises, un fabricant allemand, une maison des États-Unis d'Amérique, un fabricant italien, une maison russe et trois autres exposants de même nationalité qui présentaient uniquement des serrures pour coffres-forts, une maison hongroise, un exposant suédois, deux fabricants portugais et une maison bulgare.

L'abstention regrettable des grands fabricants de Londres, Vienne, Berlin, Munich, Bruxelles, New-York, Chicago, etc., nous ont enlevé un élément de comparaison qui aurait été bien utile dans l'étude des fabrications étrangères.

Le Jury avait la bonne fortune de compter parmi ses membres le chef d'une grande maison française de coffre-forts, M. Octave Haffner, et les renseignements qu'il nous a fournis sur cette branche d'industrie nous ont été des plus utiles.

Disons tout de suite que la fabrication française est restée à la hauteur de sa réputation universelle; elle sait joindre la solidité à l'élégance et construire des meubles incombustibles et imperforables, en un mot réellement pratiques. Contrairement à la plupart des fabricants étrangers, elle ne fait que des coffres-forts coudés aux quatre angles. Ce mode de construction est bien supérieur à tous les assemblages, quel que soit le fer spécial employé.

La combinaison d'une utilité primordiale et qui assure seule une sérieuse protection à la serrure est presque toujours employée par elle : les chiffres invisibles sont aujourd'hui préférés aux lettres à cause de leur sécurité, mais seules les combinaisons à quatre jeux de chiffres invisibles assurent une complète garantie.

Nous dirons à son éloge qu'elle a fait de réels progrès, qu'elle a toujours répondu aux besoins nouveaux et satisfait aux programmes parfois compliqués que lui soumettaient les grands établissements financiers.

La maison Fichet, de Paris, dont les chefs actuels sont MM. Charlier, Guénot et Pinot, jalouse de défendre sa fière devise « Dors, Fichet veille », montrait l'importance de ses ateliers par la grande variété des produits qu'elle exposait. Son coffre-fort en acier poli avec parties ajourées, son coffre-fort démontable, celui avec compartiments pour location, ses coffres-forts forme meuble et ses serrures d'appartements, étaient dignes d'arrêter les connaisseurs; son coffre-fort blindé avec disposition intérieure pour joaillier méritait une mention spéciale.

En outre des coffres-forts proprement dits, la maison Fichet fabrique des armoires pour billets de chemins de fer dont le mécanisme de distribution des tickets est des plus ingénieux, des boîtes pour l'usage de la finance à dispositions toutes spéciales; elle se

livre aussi à la construction des chambres fortes à panneaux démontables, dont un curieux spécimen figurait dans son exposition qui contenait également des serrures de sûreté à clefs courtes, à clefs méplates, clefs maîtresses en séries et clef universelle. Nous devons signaler aussi son nouveau procédé de cémentation pour blindages trempés imperforables, ses serrures de compartiments à contrôle et à obturateurs scellés. La fabrication de cette importante maison est justement réputée pour le fini d'exécution.

Le Jury a été heureux de lui attribuer un grand prix.

La maison Pierre Haffner, de Paris, qui ne fabrique pas seulement des coffres-forts, mais encore des coffrets à bijoux polis ou laqués, des serrures de sûreté et ordinaires en tous genres, etc., continue ses traditions de maison de premier ordre en construisant des coffres-forts pour banque, location, commerce ou particuliers. Son coffre-fort avec porte à paumelles et serrure sans bec-de-cane ni combinaison est destiné particulièrement aux pays allemands et à l'Orient. Son petit coffre-fort en imitation de meuble avec peinture Renaissance et le coffret en acier poli avec garnitures bronze Louis XIII étaient tout à fait remarquables comme précision et fini d'exécution. Le grand coffre-fort en tôle de 10 millimètres d'épaisseur aux parois de 10 centimètres avec, à l'intérieur, ses armoires avec serrures à combinaison et clefs plates, est principalement destiné aux agents de change et banquiers; l'enveloppe est munie en haut et en bas de ceintures en fer forgé de 20 millimètres d'épaisseur.

Cette belle exposition se trouvait hors concours par suite de la présence de M. Octave Haffner dans le Jury de la Classe.

Il a été accordé une médaille d'or à M. Scheidecker et une médaille d'argent à M. Nicolas, l'un et l'autre collaborateurs de M. Haffner.

MM. H. Bauche et C° ont leur usine à Reims. L'ensemble de leur exposition était installé dans une chambre forte construite suivant leurs procédés; chacune des portes d'entrée de cette chambre était pourvue d'une serrure portant trente-deux pênes reliés entre eux, fonctionnant à l'aide d'une poignée centrale et condamnés par un chronomètre à mouvement automatique réglant l'ouverture. Elle présentait aussi des coffres-forts à triple enveloppe en acier cémenté, des serrures dites *monopole,* un beau meuble Louis XV contenant un coffre-fort en acier poli avec décoration genre damier, et une série de compartiments pour location. Cette intéressante exposition a obtenu une médaille d'or. M. Cochinard, directeur, a obtenu une médaille d'argent de collaborateur et M. Roch, une médaille de bronze.

La maison Gallet et Leroux, de Paris, avec ses coffres-forts pour banques et administrations et ses coffres-forts forme meuble, peut, à bon droit, être classée parmi les bons fabricants.

Les maisons Desbains frères, de Paris, et Nugue, de Trilport (Seine-et-Marne), présentaient des produits très bien compris et de bonne construction.

Une médaille d'argent a été attribuée à chacun de ces trois exposants.

M. Dagot, de Reims, a obtenu une médaille de bronze pour ses coffres-forts de bonne fabrication courante.

Sections étrangères. — Nous nous arrêterons tout d'abord devant l'exposition de la maison Chubb and sons, de *Londres,* qui attirait l'attention par sa chambre blindée, d'importante dimension. Cette chambre a une porte à chaque extrémité, et chacune de ces portes est composée d'une plaque en acier trempé de 11 centimètres d'épaisseur (cet acier a été, paraît-il, éprouvé à l'aide d'un projectile de 45 kilogrammes, dont les débris étaient placés sous verre à côté de la chambre blindée); aucun trou sur les plaques d'acier trempé et les serrures garnies de pênes diagonales condamnés par un chronomètre à mouvement automatique réglant l'ouverture semblent réaliser le suprême de l'idéal comme sécurité, les pênes de chaque serrure s'ouvrent et se ferment à l'aide d'une manivelle qui, à son tour, est condamnée par un bouton de combinaison placé sur l'encadrement de la porte et disséminé derrière une petite porte. Mais cet assemblage de moyens de sûreté ne peut-il pas devenir dangereux, à un moment donné, pour celui même qui en profite par suite de l'impossibilité absolue dans laquelle il se trouverait de ne pouvoir pénétrer dans la chambre blindée, soit par suite d'un détraquement dans le chronomètre ou dans la combinaison, soit par l'oubli des chiffres de la combinaison ou bien encore par la mort de celui qui a composé les chiffres? Certainement oui, et le créateur de cette chambre l'a si bien compris, qu'il a pris la précaution de ménager une ouverture dans un endroit dissimulé; celle-ci, quoique munie d'un agencement spécial, est à la portée de tous et rend d'une utilité relative le blindage, la serrurerie si compliquée, puisqu'elle permet de s'introduire dans ladite chambre autrement que par la porte d'entrée.

Il nous semble qu'au lieu de vouloir chercher à réaliser l'impossible en dépensant des sommes considérables, il est préférable d'adopter la coutume en usage dans les banques françaises et de mettre des veilleurs de nuit autour des salles de coffres-forts.

La maison Chubb exposait également :

1° Un coffre-fort circulaire contenant un deuxième coffre à l'intérieur. Cette disposition, qui paraît nouvelle en Angleterre, a été longtemps employée en France sous la forme du coffre-fort à isoloir dont la fabrication n'est plus poursuivie depuis plusieurs années.

2° Un coffre-fort avec serrure à pêne unique. Ce pêne unique est une lame épousant toute la périphérie de la porte et posé directement entre la tôle formant les parois extérieurs de la porte et la paroi isolatrice. Lors de la fermeture, ce pêne vient se loger dans une rainure ménagée au pourtour de l'encadrement de la porte; il n'existe plus alors aucun interstice entre la porte et son encadrement, les deux ayant une homogénéité complète.

Les autres coffres-forts de cette maison ne sortaient pas de la fabrication courante anglaise.

Un grand prix a été attribué à la maison Chubb and sons.

L'Empire Safe Cy, à Birmingham, présentait des coffres-forts de bonne fabrication ordinaire pour lesquels elle a reçu une mention honorable.

MM. Needs and C°, maison Bramah, exposaient, dans le pavillon royal, deux coffres-forts spécialement disposés pour la resserre des bijoux. Ils sont en fer forgé et munis d'une serrure Bramah protégée par un museau en acier trempé avec plaque d'acier, afin d'éviter toute perforation.

La *Section allemande* n'était représentée que par la maison Eggers et C°, de Hambourg, qui présentait des coffres-forts genre meubles, dont le fini d'exécution est irréprochable. Nous signalerons notamment son coffre-fort avec porte à fleur de l'encadrement; cette disposition de la porte ne permet pas soit l'écartement des parois, soit l'introduction d'une poudre explosive. L'emploi qu'elle fait de la serrure à chronomètre à mouvement automatique et celui de clef dont la sûreté formée par des lamelles est encadrée dans un fourreau n'est-il pas exempt de quelques inconvénients?

M. Bourdjev, à Pleven, *Bulgarie,* a obtenu une médaille de bronze pour ses coffres-forts de fabrication courante.

Les *États-Unis* offraient un coffre-fort construit par les ateliers Hibbard Rodman, de New-York, dont la fabrication sort de l'ordinaire. Jusqu'à ce jour, il avait été fait différents essais de coffres fondus, et cela pour arriver à la suppression des points de jonction, lesquels sont toujours la partie faible de la construction; mais personne avant la maison Hibbard Rodman n'avait encore songé à l'emploi de l'acier manganèse; nous devons l'en féliciter.

Le bloc fondu en acier manganèse laisse juste la place de la porte qui vient complètement s'y encastrer comme la culasse dans un canon; la serrurerie est du même principe que celle de la chambre blindée de la maison Chubb.

Dans la composition de cet acier manganèse, il entre 12 p. 100 de manganèse, 2 p. 100 de carbone et un peu de silicium; le métal ainsi combiné doit avoir, dit-on, la propriété d'être imperforable. Quant à l'incombustibilité, elle n'existe que d'une façon très relative, le coffre étant à simple paroi.

Le coffre qui mesure à peine 0 m. 80 sur chacune de ses faces pèse 1,800 kilogrammes et coûte 3,500 francs.

Nous arrivons à l'*Italie* qui, par un fabricant de Turin, nous a donné des spécimens de coffres-forts genre français et genre allemand. M. Pistono présentait des coffres-forts bien faits, et il doit être un des meilleurs fabricants de la Péninsule, si longtemps tributaire des maisons de Vienne (Autriche). Il a réalisé de nombreux progrès dans son industrie, bien que l'assemblage de ses coffres soit fait encore au moyen de fers à profils spéciaux. M. Pistono a appliqué l'art nouveau à la décoration d'un coffre-fort genre meuble. N'a-t-il pas sacrifié un peu la solidité à l'apparence? Cette intéressante exposition a reçu une médaille d'argent.

La *Hongrie* et le *Portugal* étaient représentés, l'une par M. Szladeky, à Buda-Pesth, et l'autre par M. Chave, à Lisbonne, qui ont, l'un et l'autre, obtenu une médaille de bronze.

Dans la *Section russe,* nous rencontrons la maison Moeller, de Moscou, dont la serrurerie des coffres, à combinaison simple, sans clef, procède de la fabrication américaine,

IMPRIMERIE NATIONALE.

et la maison Kossov et Vicher dont les serrures sont inspirées de la construction Fichet de Paris. Chacun de ces exposants a reçu une médaille d'argent.

Une médaille de bronze a été accordée à M. Schmeil, de Moscou, pour son coffre-fort très décoré, sa serrure de contrôle à clef hélicoïdale et ses serrures d'appartements.

La même récompense a été attribuée à M. Wickmaun, de Stockholm, pour ses coffres de sûreté de bonne fabrication courante.

VII

FERMETURES MÉTALLIQUES.

L'industrie des fermetures métalliques pour devantures de magasins et des persiennes en fer est relativement récente, puisqu'elle remonte à peine à une quarantaine d'années. Quelques timides essais d'application avaient eu lieu auparavant; mais ce n'est réellement que depuis cette époque que l'emploi des fermetures et des persiennes métalliques s'est généralisé à peu près dans toutes les constructions modernes, notamment à Paris.

Cette industrie, toute spéciale, n'est guère pratiquée que par quelques grandes maisons qui possèdent un outillage important et des procédés particuliers de fabrication qu'elles ont fait breveter.

Les prix auxquels revenaient autrefois les persiennes et les fermetures les faisaient un peu considérer comme des articles de luxe; mais, aujourd'hui, grâce aux perfectionnements apportés dans l'outillage en vue d'une production plus intensive, ces prix ont considérablement diminué et rivalisent avantageusement avec ceux des mêmes objets construits exclusivement en bois. La fabrication française, représentée surtout par deux ou trois maisons importantes, est très appréciée à l'étranger, notamment dans les pays d'outre-mer et ceux d'Orient.

La spécialité de cette industrie fait qu'elle ne comprenait qu'un nombre restreint d'exposants. Le rapporteur se trouve quelque peu gêné pour apprécier ici les produits de la maison Dufrène, Jaquemet et Mesnet, de Paris, qui se trouvait mise hors concours, par suite des fonctions que l'un de ses chefs, M. Dufrène, devait à la confiance de ses collègues, membre du Jury de la Classe. Disons que cette maison qui, lors de l'Exposition de 1889, a été récompensée d'une médaille d'or, a continué ses traditions de bonne fabrication. Ses fermetures à contre-poids et à croisillons sont aujourd'hui employées couramment. C'est ce système qui, à l'aide de la très ingénieuse manœuvre hydro-électrique construite par la maison Edoux et Cie, assure la fermeture des resserres des titres de la Banque de France. Cinquante et quelques baies, la plupart de très grandes dimensions, sont fermées instantanément par une manœuvre unique. Ce même principe de croisillons a été appliqué aux grilles à barreaux verticaux, dites « grilles articulées »; toutes les parties verticales se replient en se juxtaposant, de telle sorte qu'un espace des plus restreints suffit à loger la grille ouverte. Les fermetures ondulées en acier ont été l'objet de perfectionnements, et l'adaptation d'une manœuvre mécanique en permet l'emploi pour les baies de grande largeur. La fabrication des persiennes en fer a été simplifiée sans nuire à la solidité. Cette exposition comprenait aussi plusieurs spécimens de monte-plats et de monte-charges, à freins spéciaux, manœuvrant soit à bras, soit à l'aide d'une corde sans fin, soit en utilisant l'énergie élec-

trique. Parmi les principales spécialités de cette maison, nous citerons la construction des rideaux métalliques pour théâtres, dont de nombreux spécimens fonctionnent dans la plupart des théâtres de Paris, notamment à l'Opéra-Comique.

La maison Jomain, de Paris, est une des plus anciennes de son industrie. Elle compte parmi les importantes maisons auxquelles je faisais allusion au début de ce chapitre. Sa fabrication est également très appréciée. Ses persiennes en fer sont bien comprises et solidement construites; le mécanisme de ses fermetures est robuste, bien groupé, sans accessoires inutiles, et ses fermetures ondulées sont pratiques. Elle présentait aussi des monte-plats et des monte-charges construits d'une façon rationnelle et à la fois économique, manœuvrant soit à bras, soit au moteur, et à l'aide de la force électrique. Une exposition plus complète de ces appareils figurait à la Classe 21. Une médaille d'or a été attribuée à la maison Jomain.

MM. Renous et Deffarges, à Bordeaux, ont leurs ateliers à Mussidan (Dordogne). Ils s'adonnent plus particulièrement à la fabrication des fermetures ondulées en acier. Ils joignent cependant à cette spécialité les fermetures à rideaux à lames à mouvements différentiels, les devantures métalliques, les grilles en fer forgé. Leur exposition comprenait, en outre, quelques échantillons de persiennes. Tous les modèles présentés ne laissaient rien à désirer comme fini d'exécution. MM. Renous et Deffarges ont reçu une médaille d'argent.

La maison Grafton, de Paris, a obtenu une médaille de bronze pour ses fermetures ondulées de fabrication courante.

Sections étrangères. — Les sections étrangères ne comptaient que deux exposants : The Bostwick Gate and Shutter Cy, à Londres, est une importante maison qui possède trois usines en *Angleterre* et qui se livre à la fabrication des fermetures par grilles articulées à coulisses, construites soit en acier, soit en métal delta ou bien encore en aluminium. Elle fait aussi des ouvrages artistiques en fer forgé ou en acier pour enseignes, grilles, chenets, etc. Les produits de la maison Bostwick sont très soignés et trouvent de nombreuses applications. Le Jury leur a accordé une médaille d'argent.

La maison Segura, de *Lisbonne,* qui a reçu une médaille de bronze, présentait quelques échantillons de fermetures ondulées de fabrication ordinaire.

VIII

CHAUDRONNERIE.

La chaudronnerie est une importante industrie qui se divise en deux parties bien distinctes : la grosse et la petite chaudronnerie.

Nous ne nous occuperons ici que de la seconde partie, c'est-à-dire de la chaudronnerie de cuivre appliquée à la confection des ustensiles domestiques. La batterie de cuisine en cuivre, les casseroles de toutes formes et les moules pour la pâtisserie en font partie, de même que les bouilloires, cafetières et autres objets de dinanderie en cuivre ou en laiton estampé ou soudé que l'on fabrique dans certains pays étrangers, notamment en Russie. Les baignoires et appareils pour chauffer les bains rentrent également dans cette catégorie.

Parmi les fabricants de baignoires et d'appareils chauffe-bains, nous citerons tout d'abord la maison Grodet, de Paris, qui s'occupe aussi d'appareils pour l'hydrothérapie et dont la belle exposition, placée au premier étage, renfermait des produits remarquables par le soin et le fini apportés à leur exécution. Les baignoires sont parfaitement comprises, sobres de détail et d'heureuses proportions; les accessoires réunissaient les derniers perfectionnements. M. Grodet faisant partie du Jury de la Classe, son exposition se trouvait, par suite, hors concours.

M. Boulay, à Paris, qui exposait pour la première fois, s'occupe plus spécialement de la construction de gros tubes en cuivre, jusqu'à 0 m. 400 de diamètre. Il présentait, comme échantillon, des tubes d'un très beau travail comme cintrage fait à l'aide de procédés mécaniques, d'autres pièces embouties également très bien faites, et un spécimen de baignoire avec parties décoratives en bronze d'un beau dessin et de ciselure soignée.

M. Grosjean est un fabricant parisien qui se livre à la même industrie des appareils pour bains et l'hydrothérapie. Son exposition comprenait des articles bien conçus et bien exécutés. Son système de thermo-syphon est à mentionner. Une médaille d'argent a été attribuée à chacun de ces exposants.

Avec M. Mocaër, à Paris, nous commençons la série des exposants se livrant plus exclusivement à la fabrication des ustensiles de cuisine. M. Mocaër présentait un assortiment d'articles de batteries de cuisine et de moules en cuivre pour la pâtisserie, d'autres ustensiles de ménage de cuivre rouge, cuivre jaune, nickelé et entièrement en nickel. Toutes ces pièces sont obtenues en partie mécaniquement, mais toutes sont terminées au marteau à main.

La belle exposition de M. Mocaër lui a valu une médaille d'or.

La maison Maurette et Roche, de Paris, est des plus anciennes. Sa fondation remonte avant 1800. Comme la précédente maison, elle fabrique tous les objets concernant la

batterie de cuisine ou nécessaires à la pâtisserie. Sa fabrication est soignée; son procédé pour la réduction des moules est à signaler. Une médaille d'argent a été accordée à cette maison.

M. Grouard, à Paris, a obtenu la même récompense pour ses percolateurs et ses cafetières en cuivre poli jaune et rouge, en maillechort, en nickel; ses bains-marie en métal et en porcelaine et tous autres articles pour limonadiers.

M. Manheim (Martin), également à Paris, pratique la même industrie des cafetières et des bains-marie. Il construit des appareils pour la fabrication des sirops, soit à chaud, soit à froid, ainsi que des chocolatières de bonne fabrication courante. Il lui a été décerné une médaille de bronze.

M. Cayre (Antoine), à Veyrac (Lot), se livre plus spécialement à la fabrication des cafetières-filtres de son invention pour l'usage des cafés, cercles, hôtels, grands établissements. Il exposait un modèle spécial aux cantiniers de l'armée et pour lequel il a reçu une mention honorable.

La même récompense a été donnée à M. Le Squerme, à Tarbes, pour son guide théorique et pratique de la chaudronnerie en cuivre et qui s'adresse utilement aux praticiens de cette industrie.

Sections étrangères. — Dans les sections étrangères, nous remarquons la maison Tourtellier et fils, *à Mulhouse,* qui possède des ateliers de chaudronnerie en fer et en cuivre pour le matériel de l'industrie textile et qui exposait un nouveau disque d'ensouple en tôle d'acier emboutie et estampée, avec ou sans nervure. Bordé d'un fil acier, ce disque très rigide, incassable, muni d'une poulie de frein et d'un collier de serrage spécial, est appelé à remplacer avantageusement les anciens disques en bois ou en fonte qui se voilaient ou se déformaient trop facilement. MM. Tourtellier et fils ont obtenu une médaille de bronze.

La *Hongrie* comprenait deux exposants, qui ont reçu une médaille de bronze : M. Knut (Charles), à Budapest, pour son exposition d'objets se rattachant à l'industrie du gaz, des conduites d'eau, ainsi que du chauffage; et M. Szabo (Théodor), à Panesova, pour ses appareils en cuivre repoussé pour la petite distillerie.

On rencontrait dans la section *Portugaise,* au Trocadéro, plusieurs expositions de produits fabriqués par les indigènes de Macao, tels que vases et bassins en cuivre jaune ciselé et gravé.

La *Roumanie,* qui est un pays où la chaudronnerie est couramment pratiquée, comptait trois exposants. Chacun d'eux a obtenu une mention honorable. Ce sont : M. Atanasiú, à Roshioti; M. Dimitresco, à Bukarest, et M. Savulesco, à Roshioti, qui présentaient divers objets en cuivre à l'usage de l'industrie ou des besoins domestiques et obtenus soit par procédés mécaniques, soit par le travail manuel.

La *Serbie* était représentée par M. Dimitri Naoumovitch, à Belgrade, qui exposait des moules, des cuves et des brocs en cuivre rouge de bonne fabrication courante, qui lui ont valu une médaille de bronze.

Une mention honorable a été accordée à M. Wasa Miailovic, à Belgrade, pour ses arrosoirs, brocs et cuvettes en cuivre jaune.

Enfin la section *Russe* comprenait un certain nombre d'expositions intéressantes de bouilloires, de samovars, ou d'autres objets en cuivre repoussé, provenant presque tous de la ville de Toula où l'on sait que le travail du cuivre est l'industrie dominante.

Les Héritiers de Basile Batachev, à Toula, emploient 1,200 ouvriers et fabriquent annuellement jusqu'à 80,000 samovars et 10,000 autres objets, plateaux, cuvettes. Les produits exposés étaient de formes élégantes et d'exécution soignée. Il leur a été décerné une médaille d'or.

MM. Batachev (Alexis et Jean), à Toula, pratiquent la même industrie. C'est une maison un peu moins importante que la précédente, mais dont les produits sont également remarquables comme fini d'exécution.

MM. Alentchikov et Zimini, à Moscou, et MM. Chemarine frères, à Toula, exposaient aussi des samovars, des cafetières et des plateaux non moins bien fabriqués et de formes très heureuses.

Chacune de ces trois maisons a reçu une médaille d'argent.

L'Exposition collective des petites industries de samovars et ustensiles de ménage en cuivre, à Toula, a obtenu une médaille de bronze pour des produits de même nature.

IX

ROBINETTERIE.

Le classement que nous avons adopté au début de ce travail appelle l'examen de la robinetterie. Cette industrie trouve, d'ailleurs, naturellement sa place à la suite de la chaudronnerie qui, dans la plupart des appareils qu'elle construit et notamment pour les récipients d'une certaine contenance, fait un usage constant des robinets. Nous extrayons d'une note insérée dans le catalogue général officiel les observations suivantes : Jusqu'au milieu du XIXe siècle, la robinetterie était demeurée à peu près stationnaire. Elle a été révolutionnée par l'emploi des fluides sous pression. On a tout d'abord adopté divers dispositifs pour s'opposer au soulèvement de la clef des robinets à rodage; la vis et le clapet ont permis d'obtenir des organes étanches sous les plus hautes pressions; enfin, la nécessité d'éviter le gaspillage des eaux de source a fait naître les robinets se fermant automatiquement.

Tous les modèles en usage procédent de ces trois principes : stabilité de la clef, étanchéité, fermeture automatique. Les efforts des constructeurs se sont portés vers la réalisation de types robustes, économiques, se prêtant aisément à la fabrication mécanique. Parmi les maisons, malheureusement trop peu nombreuses, que nous avons à citer dans cette branche d'industrie, nous placerons, en première ligne, la maison D. Cazaubon et fils, à Paris, dont la fondation remonte à 1849. Cette maison avait une exposition des plus intéressantes, qui comprenait une grande variété de robinets de tous genres, depuis le modèle le plus simple et le plus usuel jusqu'au modèle le plus riche. Tous étaient remarquables aussi bien par leur caractère pratique que par le fini d'exécution. La réputation de la maison Cazaubon n'est d'ailleurs plus à faire. En 1889, elle avait mérité une médaille d'or; depuis, elle a continué ses traditions de bonne fabrication; elle a développé son outillage industriel en vue d'une production plus intensive et, par suite, d'un prix de revient moindre. Cette belle exposition se trouvait mise hors concours en raison des fonctions de secrétaire du Jury de la Classe qu'exerçait M. Cazaubon fils; mais le Jury a été heureux d'attribuer une médaille d'or de collaborateur à M. Leblond, qui a participé de la façon la plus active et la plus intelligente à l'étude et à l'établissement de l'outillage de cette importante maison.

Nous rappellerons, pour mémoire, la maison Muller et Roger, que nous avons déjà citée dans le chapitre de la Fonderie, et dont la fabrication des robinets est une branche considérable de sa production. Son exposition de robinetterie, qui était placée dans les Classes 19 et 21, échappait à notre examen.

La maison Valdelièvre et fils, à Lille, possède, en dehors d'une fonderie de bronze, des ateliers pour la fabrication des robinets pour les machines à vapeur et pour tous autres usages. Son exposition ne présentait malheureusement pas un intérêt en rapport

avec l'importance de la maison ni avec les perfectionnements apportés par elle dans son industrie. Les produits qu'elle présentait ne sortaient pas de la bonne fabrication courante. Le Jury leur a attribué une médaille d'argent.

M. Véry, qui a obtenu la même récompense, est un fabricant parisien qui joint à la spécialité de la grosse robinetterie pour les locomotives des Compagnies de chemins de fer et pour les machines à vapeur, la construction des appareils de sécurité pour le remplissage des récipients de liquides. Son robinet garde-fuite pour récipients de transports, ses garnitures pour fûts en fer de 50 et de 200 litres sont bien compris et bien conditionnés. M. Véry possède, en outre, une fonderie.

MM. Bine, Chatelin, Menage et Vaché fils, qui ont leur installation à Paris, exposaient de la robinetterie pour la vapeur, l'hydrothérapie et pour les appareils sanitaires. Chacun d'eux possède des modèles spéciaux et des formes particulières. Ces divers spécimens de la fabrication parisienne de la robinetterie présentaient le caractère de bonne fabrication. Ils ont valu à chacun de ces industriels une médaille d'argent. Les perfectionnements apportés par la maison Bine sont davantage à mentionner.

La maison Caillette et Narçon exposait dans différentes classes. Les robinets à demi-tours à clapet renversé indépendant ne pouvant s'ouvrir que sous la presssion de l'eau ont, parmi les objets soumis à l'examen de notre Classe, valu à cette maison une médaille de bronze.

La maison Guesnier et la maison Legris Brenot ont reçu la même récompense, l'une, pour sa robinetterie, ses fontaines et ses bouches d'arrosage, et l'autre, pour ses robinets de précision pour canalisation de faible diamètre à l'usage des gaz et des liquides volatils.

Le Jury a décerné, en outre, une mention honorable à MM. Grenier, de Paris, Gérard, de Lunéville, et Abraham, de Paris; les deux premiers pour des robinets de leurs modèles, et le troisième pour un système d'embouchure modérant la pression de l'eau à la sortie du robinet.

M. Pluyaud, successeur de la maison Ève, fabrique des robinets en métal blanc pour les boissons et les produits liquides et qui sont renforcés au moyen d'anneaux noyés dans le métal au moment de la coulée. Il fait aussi des robinets pour pompes à bière, des robinets à bec spécial pour la mise en bouteille des liquides, des entonnoirs et des mesures diverses. Disons que cette maison, que nous aurons à rappeler lors de la poterie d'étain, a obtenu une médaille d'argent.

Sections étrangères. — Les exposants étrangers étaient en très petit nombre. Nous rencontrons, dans la *Bulgarie*, l'exposition de M. Yalasserian Magarditch, à Philippoli, qui comprenait quelques spécimens de robinetterie de fabrication courante. Dans la *Hongrie*, M. Knuth et M. Hirmaren, tous deux installés à Budapest, présentaient de la robinetterie pour l'eau et le gaz, sans disposition bien particulière. MM. Ortony, à Jassy, offraient dans la section *Roumaine*, parmi divers objets en fer et en cuivre, quel-

ques robinets asssez bien conditionnés. Le Jury a décerné une médaille de bronze à chacun de ces exposants.

Enfin, dans la section *Portugaise,* nous mentionnerons l'exposition de robinetterie et de tubes métalliques de M. Bastos, à Lisbonne, composée de : robinets droits et courbes, de soupapes, de coudes, de raccords ainsi que de robinets à vis et à ressorts. On y voyait également des tuyaux en plomb garnis intérieurement d'étain et divers appareils spéciaux. Il a été attribué une médaille d'argent à cette maison.

La maison Ghose et C°, à Calcutta (*Indes Anglaises*), a reçu une médaille de bronze pour ses moulinets et ses articles de robinetterie en cuivre jaune.

FONTE DE BRONZE. — CLOCHES ET TIMBRES.

On sait que le bronze est communément employé dans la robinetterie et, bien que l'industrie du fondeur de cloches soit toute spéciale, il existe néanmoins, entre ces deux industries, un rapprochement, si éloigné soit-il, qui nous autorise cependant à placer les cloches et objets similaires à la suite de la Robinetterie.

MM. Paccard (G. et F.), à Annecy-le-Vieux, près Annecy (Haute-Savoie), sont des fondeurs de cloches réputés. La célèbre *Savoyarde,* du poids de 18,835 kilogrammes, installée à la basilique du vœu du Sacré-Cœur, à Montmartre, sort de leur fonderie. Ils avaient installé dans le campanile qui surmontait la rotonde d'entrée du palais des Mines et de la Métallurgie, un carillon composé de 32 cloches, d'une tonalité parfaite et d'une puissance de vibration remarquable. Ce carillon était actionné à l'aide d'une machine inventée par M. le chanoine Maisonnave. Cette machine est très simple et fonctionne sans effort. Elle se compose d'un clavier dont chacune des touches est reliée par un mouvement d'équerre à lame d'acier à une corde de traction, reliée elle-même au battant de la cloche. Lorsqu'on veut donner une note, on appuie sur la touche correspondante, le mouvement déclenche un ressort à boudin qui attire violemment la corde de traction, laquelle à son tour lance violemment le battant contre la cloche. Un cylindre à dents qui est en mouvement continuel de rotation, grâce à deux pédales qu'actionne le carillonneur, vient, à l'aide d'un petit dispositif particulier, ramener la touche à sa situation normale une fois le coup frappé. Le nombre des touches est correspondant au nombre de cloches composant le carillon. L'exécutant touche des cloches comme s'il touchait du piano; tous les airs deviennent alors exécutables.

Comme beaucoup de fondeurs de cloches, MM. Paccard ont un système de suspension de leur invention; celui dont ils sont les auteurs est simple et rationnel. Le Jury a attribué une médaille d'or à l'ensemble de leur exposition.

Les autres exposants de la section française ne présentaient que des petites cloches ne dépassant pas le poids de 60 kilogrammes, des sonnettes, des timbres, des clochettes et des grelots. M. Dagand, à Paris, qui possède une usine à Louviers, où il fait la fonte de la cloche au sable, exposait des cloches et des timbres avertisseurs, des grelots bronzés et nickelés pour la vélocipédie.

M. Biron (E.), à Paris, avait une vitrine renfermant tous les articles de sonnerie en général, des timbres pour la télégraphie, des sonnettes et des timbres-gongs pour églises, des grelots pour la vélocipédie et des accords pour musique militaire.

M. Devouassoud, à Chamonix (Haute-Savoie), présentait une collection de sonnettes en acier forgé et bronzé qu'il fabrique tout spécialement pour les bestiaux. Les sonnettes de cette espèce sont beaucoup plus solides que les sonnettes en bronze et possèdent néanmoins une sonorité suffisante.

Chacun de ces trois exposants a obtenu une médaille de bronze.

Sections étrangères. — Dans les sections étrangères, nous mentionnerons la cloche servant à sonner les heures et qui était placée dans le campanile du pavillon impérial *Allemand*. Elle sortait des ateliers de M. Schilling, à Apold (Thuringe), qui a obtenu une médaille d'argent.

M. Stelnofer, à Sopron, exposait dans la section *Hongroise* une très belle cloche comme spécimen de sa fabrication. Le système de suspension sur couteau qui la complétait était fort bien compris, aussi le Jury a-t-il décerné une médaille d'or à cet exposant.

M. Thury, à Budapest, a obtenu une médaille d'argent pour sa cloche de dimension moindre, montée sur bâtis. M. Reiner, à Jolsva, et M. Slavkovszky, à Radvany, ont reçu une médaille de bronze pour leurs collections de sonnettes et de grelots.

La section *Italienne* comprenait trois exposants : M. Brighenti, à Bologne, présentait un concert de 4 cloches en ton majeur de bonne sonorité. C'est une ancienne maison réputée pour sa bonne fabrication, qui possède une règle fixée par un célèbre mathématicien, le professeur Gandolfi, d'après laquelle on obtient toutes les notes et les concerts souhaités. Il lui a été décerné une médaille d'argent. MM. Colbachini et fils, à Padoue, et M. Mazzona, à Turin, ont l'un et l'autre obtenu une médaille de bronze pour les cloches de bonne fabrication courante qu'ils exposaient. La maison Colbachini est également des plus anciennes; sa fondation remonterait à 1745.

En *Russie*, où, comme dans tous les pays slaves, les cloches font partie de la vie publique, cette industrie a une grande importance; elle n'était représentée que par un spécimen unique, mais d'une belle exécution, placé dans le clocher du palais de l'Asie Russe, au Trocadéro, et exposé par MM. Olovianichnikoff, à Yaroslavl, qui ont reçu une médaille d'argent.

X

FERBLANTERIE. — USTENSILES DE MÉNAGE.

L'industrie de la ferblanterie comprend une grande variété d'objets servant aux usages domestiques en général, tels que ustensiles de ménage, de cuisine et de toilette ; le matériel ordinaire pour la conservation des denrées et des liquides; les boîtes métalliques ; la tôlerie fine et tous appareils à usage industriel. Cette industrie comporte, en outre, le service de la table et les accessoires du mobilier. Les métaux employés sont la tôle noire, et étamée, le fer-blanc, le fer-blanc imprimé, le zinc, le cuivre même et le laiton, l'étain, le nickel, l'aluminium, etc.

On peut classer les objets ressortissant de la ferblanterie en catégories différentes : la tôlerie mince brute, étamée, galvanisée ou imprimée, la ferblanterie et la zinguerie, l'émaillage, les articles de ménage divers et la poterie d'étain. Nous ne spécifions pas ici la chaudronnerie de cuivre, qui a été l'objet d'un chapitre spécial.

TÔLERIE.

Parmi les nombreux usages de la tôlerie mince étamée, l'un des principaux est la fabrication des boîtes de conserves, qui était représentée dans la Classe 65 par d'importantes usines, en tête desquelles nous citerons la Société générale des cirages français. Fondée d'abord pour la fabrication des cirages et des encres, cette Société a été amenée à faire elle-même ses boîtes en fer-blanc et à acheter ou à créer des usines pour la préparation de ses matières; c'est ainsi qu'elle est devenue propriétaire des Forges et Aciéries d'Hennebont. Les produits de la Société étaient exposés dans quatre Classes. Ceux figurant dans les Classes 64 et 65 étaient groupés dans deux pavillons à colonnades, dont la décoration a été obtenue à l'aide de feuilles de fer-blanc fabriquées et imprimées dans les usines de la Société. Nous ne nous occuperons que des objets faisant partie de la Classe 65, parmi lesquels on comptait de nombreux échantillons de boîtes et d'articles de ferblanterie, tableaux-réclames, etc.

Les principaux articles de ferblanterie que fabrique la Société sont spécialement destinés à l'emballage des produits industriels, liquides ou solides, en poudre ou en pâte, et qui, par leur nature même, demandent à être conservés ou simplement transportés dans des récipients solides et étanches à l'abri de l'air et de l'humidité.

Ces emballages divers comprennent les boîtes de toutes formes soudées ou entièrement agrafées, en fer-blanc, fer noir ou fer terne. Suivant les usages auxquels ces boîtes sont réservées, elles sont imprimées ou non et rendues inoxydables par l'emploi de vernis gras, cuits au four.

Les boîtes à conserves proprement dites, parmi lesquelles celles à ouverture facile à

bande ou à décollage, en fer-blanc, unies, nacrées, vernies ou imprimées en une ou plusieurs couleurs, ont été remarquées et fort appréciées.

En plus de ces articles courants dont le débit annuel dépasse 350 millions de pièces pour l'ensemble des usines de la Société, il faut noter les travaux de luxe et de réclame qui sortent de ses ateliers, tels que calendriers, tableaux-annonces, plateaux, bonbonnières, coffrets, panneaux décoratifs, images religieuses en fer imprimé et gravé.

Nous signalerons, parmi les perfectionnements apportés par la Société dans son outillage mécanique, son système de transporteurs à peignes ou chaînes sans fin qui conduisent mécaniquement dans les étuves, au sortir des machines, les feuilles imprimées. Son mode de chauffage des étuves par l'eau chaude à haute pression permet l'isolement complet des foyers et offre l'avantage d'éviter toute poussière de charbon à l'intérieur des ateliers d'impression ainsi que dans les salles de vernissage où sont utilisées les chaleurs perdues.

Une nouvelle innovation de la Société a été l'application d'un procédé de gravure des fers-blancs imprimés qui donne l'illusion du guillochage et du damasquinage. Les procédés de fabrication ont été également transformés; le découpage des fers en bande s'opère à l'aide de cisailles circulaires multiples, la coupe et l'estampage s'effectuent simultanément, l'agrafage et le serrage des corps des boîtes sont devenus automatiques, le sertissage double peut être appliqué aux boîtes de toutes formes. La boîte rectangulaire a été remplacée par la boîte à fond ou à petits côtés agrafés à plat et obtenus mécaniquement; les boîtes à conserves sont soudées mécaniquement.

En dehors des forges et aciéries d'Hennebont, la Société des cirages français possède six usines à Paris, Saint-Ouen, Lyon, Moscou, Odessa, Santander et Stetten. Cette remarquable exposition était mise hors concours en raison des fonctions de juré que remplissait l'un des administrateurs de la société; M. Borghi, directeur de l'usine de Saint-Ouen, et M. Gillet, directeur de l'usine de Lyon, ont l'un et l'autre obtenu une médaille d'or de collaborateur; MM. Pasquier et Prudent, une médaille d'argent.

Parmi les autres fabricants de boîtes métalliques, nous citerons M. Carnaud, dont l'usine principale est à Billancourt, près Paris, et qui a créé plusieurs établissements sur le littoral. La vitrine de M. Carnaud comprenait une grande variété de boîtes en fer-blanc, d'étiquettes, d'objets d'équipement manufacturés en tôle étamée, des échantillons d'impression sur métaux, des capsules pour flacons et des caoutchoucs en fil pour joints de boîtes à conserves.

Tous ces objets étaient d'exécution parfaite et les impressions d'une netteté irréprochable. Le Jury a décerné un grand prix à cette très importante maison.

M. Vinatié est un industriel bordelais qui possède une grande manufacture de boîtes métalliques à Bordeaux et qui a établi des succursales à Marseille, le Havre et Salon. Il présentait une collection de boîtes imprimées de toutes sortes, d'estagnons, de bidons à pétrole et tous autres emballages métalliques. On remarquait aussi différents types de flacons pour conserves avec bouchage métallique à joint hermétique et à ouverture facile. Tous ces objets fort bien présentés ont valu une médaille d'argent à M. Vinatié.

MM. Picard et Launay, à Paris, qui ont obtenu la même récompense font des boîtes métalliques pour biscuits, pour la confiserie, la parfumerie, les produits chimiques et pharmaceutiques, des étiquettes métalliques, des tableaux-réclames en métal estampé et illustré, des bidons et des estagnons pour liquides gras; le tout bien conditionné. Leurs boîtes hautes pour vaseline, leurs boîtes carrées sans soudure ainsi que leur mode d'ouverture facile des boîtes à conserves alimentaires sont à mentionner.

La Société Besse et Lubin, à Paris, présentait une machine à souder les boîtes à conserves qui nous paraît devoir rendre d'utiles services aux fabricants de conserves. C'est une machine rotative d'une grande simplicité de fonctionnement, dont le mouvement à came présente alternativement et automatiquement chacune des boîtes devant le fer à souder qui est chauffé par le gaz. Une couronne de soudure est sertie au préalable dans le couvercle; le fer à souder en même temps qu'il opère la fonte de la soudure fait pression sur la boîte et la soudure est faite. Un orifice rond de 1 millimètre de diamètre pratiqué dans le couvercle pour l'échappement de l'air chaud fait ensuite l'objet d'un point de soudure à apposer pour terminer la fermeture hermétique des boîtes. Ces Messieurs offraient, en outre, un appareil emplisseur automatique qui mérite également d'être signalé. Cet emplissage vraiment pratique procède de l'application du principe bien connu, qui consiste à faire préalablement le vide dans un récipient aux fins qu'il s'emplisse ensuite par simple aspiration. Ces deux intéressantes machines ont été récompensées d'une médaille d'argent.

D'autres élaborations de la tôlerie fine étaient présentées par M. Viville, à Paris, qui fabrique des lessiveuses à tube de côté et à double cuve bain-marie. Il arrive avec son outillage perfectionné à repousser des couvercles de 1 m. 20 de diamètre; leurs endants sont estampés d'une seule pièce. Il exposait des rôtissoires d'un système perfectionné dont le jeu qui était fixe est aujourd'hui mobile. Son poêle à enveloppe en tôle et à fermeture hydraulique a été modifié. M. Viville construit aussi des appareils à acétylène, des réservoirs et toutes sortes d'articles pour le ménage, la fumisterie et le chauffage.

M. Alliot, à Paris, présentait des fûts, des tonnelets, des bidons en tôle galvanisée ou étamée pour le transport ou le logement du pétrole, des essences et des alcools. Ses appareils mesureurs automatiques à robinets indépendants, ses enregistreurs automatiques sont pratiques, simples et bien conditionnés.

MM. Lefèvre et Legrain sont des fabricants parisiens d'ustensiles pour le commerce d'alimentation et principalement pour l'épicerie et la boucherie. Ils exposaient dans diverses classes. Les appareils mesureurs automatiques pour les liquides inflammables, les couvercles estampés pour boîtes à biscuits, les bidons-réservoirs et les tonnelets qu'ils présentaient dans la Classe 65 étaient bien construits et de fabrication soignée.

MM. Rolet et Fontaine, à Paris, font toutes sortes d'objets en tôlerie : des lessiveuses d'un système qui leur est particulier, des articles de ménage les plus divers, des coffres à avoine, barbottoirs et des articles d'écuries, des seaux, des châssis de cheminée et aussi du matériel pour l'acétylène et l'industrie des automobiles.

Le Jury a décerné à ces quatre exposants, qui pratiquent également bien une industrie similaire, la même récompense, soit une médaille d'argent.

M. Aubert (François), à Paris, exposant ouvrier, a obtenu une médaille de bronze pour une cisaille à découper la tôle, de bonne conception.

FERBLANTERIE ET ZINGUERIE.

Les produits de la ferblanterie sont d'une utilité générale, et l'on conçoit que le bon marché soit la condition première recherchée conjointement, toutefois, avec une fabrication assurant une solidité suffisante. Le choix des modèles et leur caractère pratique est aussi une condition primordiale. Depuis 1893, l'industrie de la ferblanterie s'est surtout développée. Grâce à un outillage perfectionné et à des procédés nouveaux de fabrication, on est arrivé aujourd'hui à produire des objets gracieux de forme et d'apparence robuste dans des conditions de bon marché qui ont largement contribué à en développer la vente non seulement en France, mais encore dans les pays étrangers.

A la tête de cette industrie se trouve aujourd'hui la maison Boas, Rodrigue et Cie, à Paris, dont la belle exposition située au premier étage comprenait une importante collection d'objets les plus variés en fer-blanc, zinc poli et verni, en cuivre poli et nickelé, en tôle vernie, galvanisée, plaquée nickel et en nickel pur, destinés aux besoins du ménage ou de l'usage domestique, ou à ceux de l'hydrothérapie.

De nombreux modèles de lanternes de voitures, depuis les modèles les plus simples jusqu'aux plus riches, des bains de siège et divers articles en tissus métalliques y figuraient de la façon la plus heureuse.

La plupart de ces articles, sinon tous, sont obtenus mécaniquement à l'aide d'un outillage comportant les derniers perfectionnements. C'est ainsi que, depuis 1889, l'emploi de la double agrafure et du bordage a pris une notable extension, que l'emploi du marteau dans la construction des baignoires et des bains de siège a été supprimé, que les métaux emboutis ont remplacé les métaux fondus et étirés, que l'emploi de l'outillage par la presse au moteur à la place du balancier à main s'est rapidement généralisé, comme aussi le découpage, l'emboutissage, l'estampage et le perçage simultanés.

M. Boas étant membre du Jury de la Classe, cette belle exposition était mise hors concours; mais le directeur de cette importante maison, M. Gauthier, a reçu une médaille d'or de collaborateur, et l'un de ses contremaîtres, M. Finance, une médaille de bronze.

M. Petitjean fils, à Paris, a obtenu une médaille d'or pour les beaux produits qu'il exposait. Ses articles de ménage, de toilette et d'hydrothérapie en fer-blanc, en zinc, en cuivre et en nickel sont des mieux conditionnés; il fait dans ce genre des objets comportant un certain luxe et dont l'exécution est des plus soignées. Ses appareils industriels pour la laiterie, la parfumerie, les filatures et tissages et pour l'éclairage à l'acétylène sont également à mentionner.

M. Sommet, à Paris, qui a reçu la même récompense, fabrique spécialement des moules en fer-blanc pour pâtissiers, cuisiniers, glaciers et confiseurs. Les spécimens qu'il présentait sont exécutés avec un soin tout particulier. Son contremaître, M. Barrier, a reçu une médaille d'argent de collaborateur.

La maison Labbé frères, à Saint-Florent-sur-Cher (Cher), occupe près de quatre cents ouvriers à la fabrication des ustensiles de ménage, des pièces embouties pour l'industrie, l'artillerie, la marine, ainsi que pour les laiteries et les brasseries. Cette maison produit surtout les articles en fer battu léger étamé dit *anglais;* elle construit des boîtes à archives et des cartonniers métalliques pour bureaux qui sont couramment employés. Elle possède une presse établie par ses soins, du poids de 70 tonnes, qui emboutit facilement à froid, en tôle d'acier de 6 dixièmes à 3 millimètres, des récipients de la contenance de 120 litres. Les produits exposés sont de bonne fabrication et ont valu une médaille d'argent à la maison Labbé.

M. Peret, à Paris, s'occupe d'estampage et d'emboutissage obtenus par l'outillage qu'il fabrique dans ses ateliers. Ses procédés de fabrication de brocs, seaux, baquets, bassins anglais et de moules pour la stéarinerie sont à signaler.

M. Breuzin, à Paris, fournit les fabricants d'instruments de chirurgie, de fournitures pour dentistes et pour vétérinaires, d'appareils scientifiques, etc. Il fabrique d'une façon générale toutes sortes d'appareils de précision en fine ferblanterie; il exploite, en outre, une cafetière et une lampe de son invention.

Mme veuve Brenot, également à Paris, s'occupe d'articles de découpage, d'emboutissage et de décolletage en petite cuivrerie pour la ferblanterie. Les porte-mèches, les bagues à vis, les bouchons à vis, les anses diverses, les réflecteurs et les douilles à ressorts pour lampes et flambeaux, enfin les accessoires pour lumière électrique constituent la production principale de ses ateliers.

Chacun de ces exposants a reçu une médaille d'argent.

La Société industrielle de ferblanterie, dont le siège est à Paris, possède des établissements à Solre-le-Château, Chalon-sur-Saône et Beaune, qui produisent, par une fabrication exclusivement mécanique, tous les ustensiles de ménage de besoins courants, en fer-blanc et en zinc uni ou imprimé, qui sont vendus à prix fixes et à très bon marché dans les bazars. Son exposition a obtenu une médaille de bronze.

Cinq autres exposants parisiens ont reçu la même récompense : Mme veuve Dresco, pour ses divers ustensiles en fer-blanc, zinc, cuivre ou étain; M. Maisonneuve, pour une collection d'objets à l'usage domestique et industriel, destinés en partie aux grandes administrations; M. Reynier fils, pour des petites pompes d'arrosage, des appareils pulvérisateurs pour le sulfate de cuivre ou autres produits insecticides; M. Hermann, pour des balayeuses mécaniques pour les tapis, et M. Pain, pour un système de suspenseur pour lampes ordinaires et électriques.

Viennent ensuite :

M. Debette, qui fait des barattes et des batteurs d'œufs; M. Gobel, qui exposait des moules en fer-blanc pour la pâtisserie et la confiserie; M. Neveu et M. Weingoertener,

qui présentaient des réchauds à alcool et autres objets similaires; M. Nadeau, qui offrait des pulvérisateurs de son système, et M. Millet des poignées pour fers à repasser.

Le Jury a décerné une mention honorable à chacun des exposants.

M. Giraut, à Laon, est un ancien ferblantier-zingueur qui a exposé un travail fait entièrement à la main qui démontre son habileté d'ouvrier et qui lui a valu une mention honorable.

TÔLES ÉMAILLÉES.

L'émaillage est en même temps un procédé de décoration et de préservation préférable à l'étamage comme résistance. Les ustensiles en tôle émaillée sont d'un entretien bien plus facile que ceux en fer ou en cuivre étamé; ils ne sont pas attaqués par les substances acides; ils résistent aux hautes températures et ils sont, à la fois, d'aspect agréable à l'œil et légers à manier. Mais il est indispensable que l'émail soit d'excellente qualité, ne se désagrège pas; c'est à cette condition essentielle que les ustensiles émaillés conserveront la faveur du public.

M. Odelin, dont l'établissement, situé à Billancourt, est connu sous le nom d'*émaillerie parisienne,* avait une belle exposition qui renfermait parmi de nombreux spécimens de fabrication courante d'articles de ménage, de toilette et d'hygiène, trois grands vases emboutis d'une seule pièce, sans soudures, ni rivures, ni agrafures, de tous points remarquables en raison même de leur difficulté d'exécution et de la qualité de l'émail sans plomb ni arsenic. Les plats et assiettes blanches en tôle émaillée qui sont des reproductions de porcelaines de Sèvres sont également à mentionner ainsi que les quelques pièces étamées d'un beau brillant présentées à titre d'échantillons. Le Jury a décerné une médaille d'or à la maison Odelin.

MM. Douin et Cie, à Beuvrage (Nord), ont obtenu la même récompense. Ils font l'émaillage de la tôle en tous genres pour ustensiles de ménage, objets de toilette, de chauffage et d'éclairage. Ils exposaient des plaques décoratives pour ornement de cheminée portant sur la même pièce plusieurs émaux à la fois et teintés dans toute leur épaisseur. Leur vitrine contenait, en outre, des cafetières, des brocs, des cache-pots, des vases de toilette et quantité d'objets usuels.

M. Juin, à Paris, fabrique principalement des plaques émaillées pour noms de rues, des étiquettes de botanique et autres de même nature, des enseignes, des lettres découpées. Il a créé un outillage particulier pour le découpage et le bombage des tôles. Ses produits sont d'excellente qualité et lui ont valu une médaille d'argent.

M. Garnier, à Amiens, s'occupe spécialement de lettres d'enseigne en cuivre émaillé; il fait aussi des lettres en dorure et nacre sous verre combinées avec des lettres émaillées appliquées sur le verre.

M. Fontaine, bien que ne fabriquant pas exclusivement des lettres émaillées, fait des plaques gravées par procédé chimique à l'usage des constructeurs mécaniciens. Le premier de ces exposants a reçu une mention honorable et le second une médaille de bronze.

M. Taillandier, propriétaire de l'*émaillerie de Saint-Maurice* (Seine), présentait des

IMPRIMERIE NATIONALE.

cadrans pour compteurs, des thermomètres et des réflecteurs en tôle et cuivre émaillés et pour lesquels une mention honorable lui a été accordée.

M. Denize, au Havre, est un graveur sur métaux travaillant par lui-même et qui a obtenu la même récompense pour les objets bien faits qu'il présentait.

ARTICLES DE MÉNAGE DIVERS EN MÉTAUX AUTRES QUE LE FER-BLANC ET LE ZINC.

Nous entendons citer dans cette catégorie les maisons qui se livrent à la fabrication des objets de luxe pour lesquels le nickel, le métal blanc, le bimétal ou autres alliages analogues sont le plus fréquemment employés.

La maison Ch. Boulenger et Cie, à Paris et à Créteil (Seine), exposait des couverts et des articles divers d'orfèvrerie en nickel allié, argenté ou non, et en métal extra-blanc, dur, argenté ou doré par les procédés électro-chimiques. Cette maison fond, lamine et tréfile dans son usine de Créteil tout le métal nécessaire à la confection de ses pièces; elle livre également à l'industrie. Elle dispose d'un outillage important et perfectionné et notamment de découpoirs qui évitent la plus grande partie des déchets. Les modèles et échantillons qu'elle exposait dans sa vitrine étaient d'une exécution parfaite de formes heureuses et élégantes à la fois; ils lui ont valu une médaille d'or.

La Compagnie de fabrication française du nickel, à Paris, dont M. Salomon Hirsch est le directeur, exposait du nickel pur fondu et laminé, en même temps que de nombreux objets de ménage ou d'orfèvrerie en nickel pur. Elle avait installé un petit atelier où elle démontrait devant le public les usages auxquels ce métal peut être appliqué et la façon dont il se prête au travail de l'emboutissage, du tournage et du polissage lorsqu'il est livré à un degré suffisant de pureté.

Tous les objets de laboratoire, de table ou de cuisine présentés étaient d'exécution soignée. En dehors du nickel pur, la Société fabrique aussi le *parfait métal* qui est produit par un lamnage de nickel pur sur cuivre, constituant ainsi une sorte de bimétallisation. Une médaille d'or a été attribuée à la Compagnie de fabrication française de nickel pur.

La maison de MM. Diem et Poey, connue sous le nom de *dinanderie française*, avait une très belle exposition. Nous citerons particulièrement un surtout et un service de table remarquables par leur élégance et par la beauté du travail, des brocs en cuivre rouge, des buires et leurs plateaux en cuivre jaune de belle exécution, un pot à eau en nickel pur exécuté d'une seule pièce qui est un beau travail d'emboutissage et qui plaide en faveur de l'outillage de ces exposants, puis toute une batterie de cuisine en nickel pur. Le métal employé pour l'exécution du surtout est un alliage nouveau dénommé *aris-métal* qui est composé de cuivre, argent, antimoine, aluminium, cendres de bois, magnésium et carbonate de chaux; ces derniers produits ont été ajoutés pour donner plus de densité au métal. Il a la couleur de l'or, se laisse facilement travailler, polir et conserve sa couleur naturelle, même exposé aux vapeurs d'ammoniaque et de nitrate.

Cette belle exposition a valu une médaille d'or à MM. Diem et Poey.

M. Meret, qui a obtenu la même récompense, présentait une collection importante de cafetières de table, de services et toutes sortes d'objets de cuivrerie fine, polie et nickelée d'exécution parfaite et d'aspect élégant.

M. Picard, à Paris, exposait pour la première fois des articles en bimétal. Le bimétal est un laminage d'argent sur cuivre. Les ustensiles de cuisine, de toilette et les appareils de distillation contenus dans sa vitrine ne laissaient rien à désirer comme estampage, emboutissage et fini d'exécution. Il lui a été attribué une médaille d'argent.

M. G. Couthier est un industriel parisien qui fabriquait sur place différents objets de petite orfèvrerie, de toilette et de voyage, en métal blanc inoxydable. Ces articles bien travaillés lui ont valu une médaille d'argent.

M. E. Legros, également à Paris, exposait, pour la première fois, des ustensiles de cuisine en aluminium; casseroles, plats, marmites, etc.; il fait aussi, en ce même métal, des articles de toilette et de voyage ainsi que des services de table. Il a reçu une mention honorable.

Nous placerons à la suite, comme se rattachant à la catégorie qui nous occupe, les couverts de table en métal aciéré dont il se fabrique encore aujourd'hui de grandes quantités destinées, pour la majeure partie, à l'exportation.

MM. B. Pottecher et Cie, à Bussang (Vosges), figurent parmi les plus importants producteurs de ce genre d'ustensiles. Leur vitrine comportait des échantillons de couverts pour l'exportation; des modèles plus riches en acier étamés, argentés et dorés ainsi que plusieurs spécimens d'étrilles et de peignes à cheval en tôle d'acier avec bandelette en acier. Il leur a été attribué une médaille d'or en raison des progrès réalisés par eux dans ce genre d'industrie.

M. Berhuy, à Hirson, qui a obtenu une médaille d'argent, s'occupe davantage de la poterie d'étain; les cuillers et fourchettes reçoivent une armature spéciale en acier qui contribue à leur assurer une grande solidité.

MM. Devouge et Jacob sont des industriels parisiens qui possèdent une usine à Hirson, et qui pratiquent la même industrie que M. Berhuy. Leurs couverts et leurs services de table unis et de style sont de bonne fabrication courante. Ils ont reçu une médaille de bronze.

POTERIE D'ÉTAIN.

La poterie d'étain est une des plus anciennes industries, qui a eu son heure de célébrité, alors qu'il n'était fait exclusivement usage que de l'étain pour la confection de la vaisselle de table et des couverts, et avant que la verrerie et la porcelaine ne soient devenues accessibles à tous. Aujourd'hui, la mode tend à revenir à la vaisselle d'étain, mais au point de vue artistique et décoratif seulement. Cependant, on fait encore usage de la poterie d'étain dans les hospices et dans les grands établissements. Les fabrications qui s'y rapportent à l'heure actuelle comprennent, d'une part, les couverts, plats, brocs et mesures en étain pour les liquides, avec les comptoirs pour marchands

de vins et les robinets en métal blanc; d'autre part, les irrigateurs, clyso-pompes et autres appareils du même genre.

Parmi les potiers d'étain, qui figuraient à l'Exposition de 1900, nous citerons la maison Anthoine, à Paris, qui avait une exposition des plus complètes d'appareils à glace, de sorbetières et moules à glace, de robinets en métal blanc de formes diverses, d'entonnoirs et de bouchons verseurs, de mesures couvertes et non couvertes, ainsi que tous les ustensiles à l'usage des marchands de vins; on remarquait, en outre, des irrigateurs et ustensiles pour les hôpitaux, des boules et des cylindres à eau chaude, des presses à viande, des alambics et serpentins. A cette fabrication, M. Anthoine a adjoint une spécialité de bidons à essence et à pétrole. Il lui a été attribué une médaille d'or.

M. Chaumette, à Paris, avait, en dehors de son exposition placée au premier étage, et qui contenait des vaisselles anciennes d'un beau travail d'exécution, un atelier situé au rez-de-chaussée, où se pratiquait, devant le public, l'art du potier d'étain. M. Chaumette ne se livre pas seulement à la reproduction des vieux étains, il fabrique aussi des irrigateurs, des stérilisateurs, des casseroles en porcelaine à feu avec queue en métal. Il présentait, en plus, une lampe à pétrole fondue en métal de caractères d'imprimerie, ainsi que des modèles et des moules. Son système de coulage de l'étain en cire perdue, permettant d'obtenir plusieurs épreuves dans le même moule, et son alliage dit «bronze blanc», sont à mentionner. Il a obtenu une médaille d'argent.

Nous rappellerons que la maison Pluyaud, déjà citée dans la robinetterie, fabrique des entonnoirs, des mesures et des objets de fantaisie en étain, en vieil étain et en métal argenté; elle fait, au moyen de certains alliages, des pièces diverses pour les produits chimiques et l'électricité.

M. Berhuy et MM. Devouge et Jacob, dont nous venons de parler plus haut à propos des couverts et services de table, sont également des potiers d'étain qui font toutes sortes d'objets usuels, des irrigateurs notamment. MM. Devouge et Jacob ont ajouté à leur fabrication celle des articles d'éclairage en métal nickelé. Nous avons dit que M. Pluyaud et M. Berhuy avaient reçu une médaille d'argent et la maison Devouge et Jacob une médaille de bronze.

M. Roulet et MM. Tollay et Leblanc, à Paris, ont obtenu la même récompense, une médaille de bronze; le premier, pour ses meubles garnis en étain, ses glacières et ses timbres d'office, ses comptoirs pour limonadiers; le second, pour ses irrigateurs du système du docteur Eguisier, sa nouvelle lampe de voyage et ses applications d'émaux sur cuivre à l'étain.

MÉTAUX PERFORÉS ET DÉCOUPÉS. — OUTILLAGE POUR LA FERBLANTERIE ET LES INDUSTRIES QUI S'Y RATTACHENT.

Les produits exposés par la maison Pinchart-Deny, à Paris, ne se rattachent qu'indirectement à ceux de la ferblanterie, mais comme cette maison construit des machines-outils pour le découpage, l'emboutissage et l'estampage des métaux, des balanciers à

friction et des découpoirs, nous avons cru devoir la classer sous cette rubrique. M. Pinchart-Deny exposait des métaux perforés en fer, en acier, en cuivre ou laiton et en zinc, exécutés avec une précision des plus grandes et qui exigent un matériel et un outillage non moins perfectionnés. Ces produits reçoivent les plus diverses applications dans un grand nombre d'industries, parmi lesquelles nous citerons particulièrement les sucreries et raffineries, les distilleries, brasseries et minoteries. Le fini d'exécution des objets présentés par M. Pinchart-Deny lui a valu un grand prix. Une médaille d'argent de collaborateur a été accordée à M. Magniette, l'un de ses contremaîtres.

MM. Krieg et Zivy, à Montrouge (Seine), qui pratiquent la même industrie que M. Pinchart-Deny, ont obtenu une médaille d'argent pour les feuilles perforées à trous ronds, coniques ou longs, qu'ils exposaient à titre d'échantillons et dont quelques-unes présentaient des difficultés d'exécution qu'un outillage de précision peut seul résoudre.

La maison Lapipe et Wittmann, à Paris, étudie et établit les machines à découper, estamper, emboutir et à cambrer les métaux, ainsi que le petit outillage. Les spécimens qu'ils exposaient des produits obtenus à l'aide des outils de leur fabrication étaient d'une régularité et d'une netteté parfaites. Le Jury leur a attribué une médaille d'argent.

M. L. Charpentier, à Paris, qui a reçu la même récompense, s'occupe spécialement du repoussage et de l'estampage des métaux pour les fabricants d'articles d'éclairage. Il possède un outillage perfectionné qui comprend des presses à emboutir, des balanciers à friction, des moutons à vapeur et des matrices à estamper.

Mme Chevry, également à Paris, a obtenu une médaille de bronze pour les échantillons de découpage et de reperçage de différents métaux qu'elle exposait et qui ont été appréciés pour la finesse et la régularité d'exécution.

Sections étrangères. — Les sections étrangères nous donnent aussi un certain nombre d'expositions à citer.

Nous rencontrons, en *Allemagne,* la maison Arndt frères, à Quedlinburg, qui avait une fort belle collection d'ustensiles de ménage et de table en nickel pur et plaqué, en cuivre nickelé et en cuivre rouge. Elle exposait également des produits en tissus métalliques de bonne fabrication. Elle a obtenu une médaille d'or.

Les maisons Schuler, à Geppingen (Wurtemberg), et Chillingworth, à Nuremberg, ont reçu la même récompense. La première pour sa presse hydraulique à emboutir à double action, sa presse à cames, sa presse à excentrique avec dispositif à emboutir les boîtes de conserves; et la seconde, pour ses procédés d'estampage, de repoussage et d'étirage tout à fait remarquables, au moyen desquels sont obtenus, notamment, des raccords en forme de T pour conduites d'eau, de gaz ou de vapeur, des couvre-engrenages pour moteurs électriques dont chaque moitié est étirée d'une seule partie d'acier sans soudure, et des poulies en deux pièces en acier étiré d'une régularité parfaite.

Dans la section *autrichienne,* se trouvait la belle exposition de la Manufacture de

Berndorf, qui contenait des couverts de table, services à café et à thé, des surtouts en « Alpacca » argenté; de la batterie de cuisine en nickel pur; des planches et des fils en maillechort, cuivre, nickel et laiton; des flans pour monnaie de nickel, douilles et cartouches pour l'usage militaire. Cette intéressante exposition était mise hors concours en raison des fonctions de Juré remplies par M. Arthur Krupp.

MM. Gottlieb frères et Brauchbar, à Brunn, présentaient des ustensiles de ménage en tôle émaillée, des articles d'éclairage et de toilette, divers objets à l'usage de la chimie, des tuyaux et des fontaines en fonte émaillée.

La Société Austria, à Vienne, offrait de beaux produits émaillés de fabrication soignée; les fonds blancs sont très nets et méritent d'être mentionnés.

Une médaille d'or a été attribuée à chacune de ces expositions.

Nous rappellerons que la Société de Weissenfels (Carniole) que nous avons déjà citée pour ses chaînes en acier, et qui a reçu une médaille d'argent pour l'ensemble de son Exposition, fabrique des tonneaux en deux pièces, en acier embouti.

MM. Koppe, à Bozen, Scholler, à Vienne, Schwindl, à Miesenbach (Basse-Autriche), Sondag et Wecek, à Graz, ont obtenu une médaille de bronze.

M. Houmrousian, à Philippoli (*Bulgarie*), et M. Léon, à Guayaquil (Équateur), ont reçu le premier, une mention honorable pour ses moulins à café de fabrication orientale; le second, une médaille de bronze pour ses objets de ferblanterie et ses enseignes en fer-blanc.

Dans les *États-Unis*, nous signalerons The Griswold Mfg C°, à Erié (Pensylvanie), qui présentait des ustensiles de ménage en aluminium, des théières, des cafetières, des pichets à eau, des réchauds, de la batterie de cuisine et des articles de toilette également en aluminium et d'un travail soigné.

MM. Hibbard, Spencer, Bartlett and C°, à Chicago, exposaient des objets en métal émaillé de bonne fabrication pour le ménage, la toilette et l'hygiène. Ils font aussi des bourrelets en métal qui paraissent pratiques.

Chacune de ces deux maisons a obtenu une médaille d'argent.

The American Tin Plate Cy, à Chicago, dont l'exposition principale d'étain et de fer, blanc se trouvait dans la Classe 64, présentait dans son pavillon des cafetières et des boîtes métalliques. Un seul grand prix a été accordé pour l'ensemble.

Dans la *Grande-Bretagne*, les trois maisons Kenrich and sons, Baldwin and sons, The Anglo American Tin Stamping C°, qui s'étaient réunies pour exposer sous la dénomination de Exposition collective du district de Birmingham, ont obtenu une médaille d'argent pour les objets en tôle emboutie sans soudure, étamés, moirés, vernis, nacrés ou émaillés en blanc ou en couleur, en même temps que pour les ustensiles de ménage, les appareils hygiéniques et les objets de ferronnerie de bonne exécution dont leurs vitrines étaient abondamment pourvues.

La maison W. A. Benson and C°, à Londres, a reçu une médaille de bronze pour ses récipients en tôle émaillée, avec cloison intérieure prévenant la radiation de l'air extérieur et conservant une température égale à l'intérieur du récipient.

Dans la section du *Canada,* nous remarquons les beaux produits en tôle émaillée et les boîtes métalliques de la maison Thomas Davidson et C°, à Montréal. Les jardinières, les services à thé et à café, les cuvettes de toutes dimensions ainsi que les divers objets estampés ou étamés sont parfaits d'exécution; le Jury leur a attribué une médaille d'or.

La maison Mac Clary Manufy C°, à London (*Ontario*), présentait des objets en tôle émaillée pour le commerce local, qui étaient de bonne fabrication et qui ont reçu une médaille de bronze.

Nous avons aussi à mentionner, dans la section de la Grande-Bretagne, The British Aluminium C°, à Londres, dont la vitrine renfermait des objets de toilette et de bureau, des cuvettes, de la robinetterie, des appareils pour l'orthopédie, des plaques de propreté, des boutons de portes et autres articles de quincaillerie, auxquels le Jury a décerné une médaille d'argent.

The Albradium Syndicate, à Londres, qui a obtenu une médaille de bronze, présentait des articles à peu près similaires. L'albradium est un alliage d'aluminium d'un aspect se rapprochant sensiblement de celui de l'argent.

Ces deux maisons avaient la partie principale de leur exposition dans la Classe 64.

M. Stravopoulos, à Athènes, offrait, dans le pavillon *hellénique,* des cadres métalliques en cuivre et en fer-blanc estampés et repoussés, pour lesquels il a reçu une m - daille de bronze.

La *Hongrie* comprenait 5 exposants : L'Usine des Tôles émaillées de l'État, à Kisgaran, qui exposait également à la Classe 64, avait des produits de bonne fabrication; la maison Sternlicht et C°, à Losoncz, présentait une collection de vaisselles et de poterie en tôle et en fonte émaillée; M. Scholtz, à Mathéocz, fabrique plus spécialement des étrilles; il exposait, en outre, une grande variété d'ustensiles de ménage en fer-blanc, polis, étamés ou vernis.

Ces trois établissements ont été récompensés d'une médaille d'argent.

Viennent ensuite : M. Plander, à Mérény, qui se livre à la fabrication des poêles à frire, et M. Szabo, à Keeskemet, qui fait des ustensiles de ménage en cuivre poli. Ils ont obtenu une médaille de bronze.

Dans la section *italienne,* M. Zecchini, à Milan, exposait des produits fondus ou emboutis en aluminium, tels que des ustensiles de ménage, des bassins, bobines et autres objets pour l'industrie de la soie et de la magnanerie. Tous étaient d'excellente fabrication.

M. Moneta, à Milan, est un industriel qui, à la fabrication des meubles en fer laqués ou vernis, et des réflecteurs, joint celle des articles de ménage en tôle émaillée. Les échantillons présentés avaient le caractère d'une bonne fabrication courante.

Une médaille d'argent a été attribuée à chacun de ces deux exposants.

Un exposant japonais, M. Harui (Kisuké), à *Kioto,* a obtenu une médaille de bronze.

Nous rencontrons, dans le pavillon *norvégien,* l'exposition de M. Larsen, à Aalesund, qui comprenait une chaudière pour la fabrication de l'huile de foie de morue,

ainsi que des tonneaux pour loger et expédier cette huile. Il lui a été attribué une médaille de bronze.

La Fundicao, de Bolhâo, à *Porto,* et M. Fonseca, à *Lisbonne,* ont obtenu la même récompense, la première maison pour ses produits en fonte émaillée et en fer étamé, la seconde pour sa chaudronnerie de ménage.

La *Roumanie* comprenait l'exposition de M. Catz, à Bucarest, qui contenait de beaux spécimens d'ustensiles à l'usage domestique, en fer étamé et en fonte émaillée et zinguée. M. Catz construit, en outre, du matériel pour l'exploitation et la distillation du pétrole.

La Société Albina, maison Max Fischer et C°, à *Galatz,* joint à la fabrication des produits chimiques celle des boîtes et bidons en fer-blanc, des plaques de réclames imprimées, des sceaux et autres objets en zinc.

Chacune de ces deux maisons a reçu une médaille d'argent.

M. Menachem Fermo fils, à Bucarest, présentait des ustensiles de ménage en cuivre par procédés d'emboutissage, qui lui ont valu une médaille de bronze.

Dans la section *suédoise,* la Société pour le foulage d'acier de Olofström avait une belle exposition d'ustensiles pour l'usage de la laiterie, de la cuisine et les besoins domestiques; des enseignes, des écussons et des plaques d'adresse émaillées; elle fait aussi des cônes et enveloppes de torpilles, des sphères de mines, des affûts de canon, des fûts métalliques pour l'alcool, ainsi que tous autres objets à l'usage industriel. Une médaille d'or lui a été attribuée.

La Société de Skultuna, que nous avons déjà citée dans le chapitre de l'étirage au banc et qui a obtenu une médaille d'or, fabrique également en cuivre et en laiton des ustensiles pour la laiterie et pour l'usage industriel.

XI

MÉTAUX PRÉCIEUX.

Nous rattacherons dans la même section les produits de l'affineur de métaux précieux, du batteur et du broyeur d'or, du lamineur et batteur de platine et d'aluminium, de l'industrie des capsules métalliques pour le bouchage des bouteilles.

On sait que le battage de l'or s'exécute à la main, sur des lingots préalablement laminés en bandes minces et divisés en plaquettes de 0 m. 07 à 0 m. 08 de longueur. Il y a trois séries d'opérations, deux de dégrossissage qui se font au caucher et au chaudret, et un finissage qui se termine à la moule; on appelle ainsi des sacs en parchemin pour le caucher et en baudruche ou boyau de bœuf pour le chaudret et la moule. Un petit lingot de 0 m. 12 à 0 m. 15 de longueur sur 0 m. 005 de diamètre, pesant en moyenne de 220 à 240 grammes, se trouve divisé de cette manière en 5,000 feuilles environ, qui sont ensuite mises en livrets pour être vendues.

MM. Hurlot et Auger, à Paris, avaient une belle exposition où l'on remarquait de l'or, de l'argent et du platine en feuilles, en poudre, en coquilles et en godets. Les procédés de recuisson du platine imaginés par cette maison lui ont permis de battre des feuilles de dimension plus grandes que celles obtenues jusqu'alors, et, par un procédé nouveau de broyage de l'or, elle est arrivée à obtenir une poudre absolument impalpable. MM. Hurlot et Auger exposaient, en outre, de l'outillage et des moules en baudruche provenant de leur fabrique de Domont (Seine-et-Oise). Il leur a été attribué une médaille d'or.

MM. Dumilatre et Faubert, à Paris, dont la maison a été fondée en 1874, fabriquent des produits analogues aux précédents. Leur fabrication très recommandable s'est sensiblement développée depuis quelques années. Ils ont obtenu une médaille d'argent.

M. Leroy-Martin, à Villiers-le-Bel (Seine-et-Oise), qui a reçu une médaille de bronze, se livre spécialement à l'industrie de moules en baudruche pour batteurs d'or.

M. Jean Bar possède, à Rantigny (Oise), une importante manufacture de paillons. On appelle paillons des feuilles de cuivre brut ou plaquées en argent et en or, laminées très minces, servant à de multiples usages : encartage des boutons de nacre et de porcelaines, découpure des paillettes pour éventails, confection de fleurs artificielles, sertissage de pierres précieuses ou fausses, perles dorées ou argentées, ornementation de costumes, etc. L'usine de M. Bar produit aussi des feuilles de paillons ordinaires, un côté argent et l'autre en couleur, rubis ou vert émeraude, dit « copperfoils », qui sont expédiés sur les grands marchés indiens.

La vitrine de M. Bar renfermait de nombreux échantillons de paillons de toutes sortes, dont le fini d'exécution a valu à cet exposant une médaille d'or.

Nous rappellerons que la maison Goguel et Cie, à Montbéliard, dejà mentionnée, et à laquelle il a été accordé une médaille d'argent, a adjoint à sa fabrication de pointes et de rivets celle des traits et des lamés en or et en argent faux.

Sections étrangères. — L'*Allemagne* avait une très belle exposition d'ensemble de l'industrie de l'or battu, du bronze en poudre et des couleurs de bronze.

On sait que cette industrie se pratique, en Allemagne, presque exclusivement dans la région de Furth et de Nuremberg, en Bavière.

Nous citerons tout d'abord la maison Eiermann et Tabor, à Furth, qui présentait des bronzes et des brocarts en poudre de toutes espèces et de toutes nuances ; de l'aluminium, de l'étain en feuilles et en rouleau ; de l'« émail laque », qui est un mélange de poudre de bronze avec un liquide spécial; des bronzes en pâte pour l'impression directe en typographie et en lithographie. Une médaille d'or a été décernée à cette importante maison.

M. Ernst Schaetzler, à Nuremberg, fabrique de l'or fin en feuilles et de l'or pur à l'usage de la prothèse dentaire, ainsi que de l'or industriel pour les peintres et les relieurs.

MM. Segitz et Neidhart, à Furth, pratiquent la même industrie que la maison Eiermann et Tebor; ils ont, comme elle, certains produits qui leur sont particuliers.

M. Spiegelberger, à Furth, est un batteur d'or, d'argent, d'aluminium et autres métaux précieux.

Chacun de ces trois exposants a reçu une médaille d'argent.

Metallpapier-Bronze farben und plattemetal Werke, à Munich, ajoute à la fabrication des papiers dorés et argentés qui forme sa spécialité, le bronze en poudre et le métal battu. Une médaille d'or a été accordée à cette importante maison.

Galvaniche-Metallpapier fabrick, à Berlin, qui a reçu une médaille d'argent, produit du papier métallique pour pancartes, étiquettes et encartages. Cette maison fait, de plus, des garnitures de boîtes à étoupe et des balais de dynamos.

Les Héritiers de Heckels, à Allersberg, près Nuremberg, s'occupent spécialement d'articles divers pour décoration d'arbres de Noël, des objets de fantaisie pour cotillon, des traits et des lamés en cuivre jaune et argenté. Ils ont obtenu une médaille de bronze.

MM. Schickedantz et Cº, à Zwickau (Saxe), sont des fabricants de moules en baudruches pour batteurs d'or, à qui il a été attribué une médaille d'argent. Les produits de cette maison sont appréciés.

La *Grande-Bretagne* ne comprenait qu'un exposant : la maison Puckdrige et Nephew, à Londres, qui présentait des moules pour le battage de l'or, de l'argent et autres métaux et qui a obtenu une médaille d'argent. Nous rappellerons que la fabrication des moules ou chaudrets est une industrie toute spéciale qui n'était pratiquée jusqu'en ces derniers temps que par l'Angleterre.

M. Mukoda (Bukite), à Kanazawa, exposait dans la section *japonaise* des feuilles d'or et d'argent, pour lesquelles il a reçu une médaille de bronze.

M. Cardozo (Guademiro), à Porto, offrait, dans la section *portugaise* aux Invalides, d'intéressants produits du battage de l'or et de la dorure, qui lui ont valu une médaille d'argent.

Une médaille de bronze a été accordée à M. Pitchouguine-Matweef, qui présentait, dans la section *russe* des échantillons d'or battu.

ÉTAIN ET CAPSULES MÉTALLIQUES.

MM. Lambert et fils, à Paris, laminent l'étain en feuilles d'une grande finesse, et par un procédé qui permet de les obtenir en longueurs presque indéfinies, ils produisent des feuilles destinées à l'étamage des glaces. Ils font aussi des étains brillants pour enveloppes de chocolats, de comestibles divers et de tabacs. Ils appliquent sur l'étain des couleurs brillantes et variées; ils imitent la dorure par un vernis inoxydable; ils font enfin des planches pour graver la musique. Les produits de cette maison sont fort appréciés, et le Jury leur a attribué une médaille d'argent.

M. Coquillard, à Épernay, lamine aussi des étains en feuilles d'excellente qualité, soit blancs, vernis, argentés ou dorés, soit unis ou gaufrés et de fantaisie de toutes nuances, spécialement pour l'enveloppe des bouchons des vins de Champagne. Il en fait aussi pour la parfumerie et les conserves alimentaires; ses feuilles d'étain, portant en impression les noms de fabricants, sont à mentionner. Il a obtenu une médaille d'argent.

L'industrie des capsules métalliques pour bouteilles et bocaux se rattache directement à l'étain et trouve ici naturellement sa place. Elle était représentée dans la Classe 65 par plusieurs importantes maisons.

La Société des produits métallurgiques de Sens (Yonne), dont M. Lelièvre est l'administrateur délégué, fabrique des capsules métalliques de toutes sortes, ainsi que des papiers métalliques et des articles divers en acier poli, tels que boucles, agrafes et boutons. Son outillage actuel permet une production annuelle de plus de 100 millions de capsules. Cette intéressante exposition se trouvait hors concours par suite de la présence de M. Lelièvre parmi les membres du Jury.

La maison Sainte-Marie Dupré fils possède une usine à Arcueil (Seine) et une succursale à Bordeaux. Fondée en 1832 par M. A. Dupré, qui est le créateur de cette industrie, cette maison compte parmi les plus importantes en ce genre. Ses fabrications ont été l'objet de perfectionnements successifs; elle fait dans ses ateliers tous les travaux pour la production des capsules, la fonte des métaux, le laminage, l'emboutissage, l'estampage et la mise en couleur. Elle avait une très belle collection de capsules métalliques en tous genres, et le Jury lui a attribué un médaille d'or.

Une médaille d'argent a été accordée à MM. Meynieu et Cie, à Bordeaux, qui se livrent à la même industrie. Leur fabrication est soignée et leurs capsules à bandes de sûreté sont à signaler.

Sections étrangères. — Parmi les exposants étrangers, nous citerons, dans la section *portugaise,* la Fabrica de san payo, dont l'usine est à Porto et qui, sous la direction de M. Juliano (Antonio Pereira), produit une quantité importante de capsules métalliques pour les vins de Porto expédiés en bouteilles. La maison Schalck, à Lisbonne, déjà mentionnée, ajoute à sa fabrication d'épingles, de boutons et d'œillets, celle des capsules métalliques.

MM. Mamontov frères, à *Moscou,* qui exposaient dans la section *russe,* ont reçu la même récompense, une médaille de bronze, pour des produits analogues.

XII

MÉTAUX OUVRÉS DIVERS.

Nous avons reporté à ce dernier chapitre les produits de quelques industries spéciales, telles que la fabrication des plumes métalliques, porte-plume, œillets métalliques; les meubles et les lits en fer; la ferronnerie d'art.

PLUMES ET PORTE-PLUME MÉTALLIQUES. — OEILLETS MÉTALLIQUES.

Cette industrie n'était représentée dans la Classe 65 que par deux importantes maisons et qui ont l'une et l'autre obtenu un grand prix.

MM. Blanzy, Poure et Cie, occupent, dans leurs usines de Boulogne-sur-Mer, un millier d'ouvriers à la confection des plumes métalliques, porte-plume, porte-mine et portecrayons, étuis et boîtes métalliques, encriers, tubes emboutis et étirés, pièces découpées, embouties et estampées pour filatures et autres industries, ressorts, etc. Les produits de cette maison sont, à juste titre, réputés pour leur qualité et le fini de leur exécution; les plumes Blanzy-Poure sont universellement connues. Ces Messieurs avaient installé au rez-de-chaussée de la Classe 65 un petit atelier où s'exécutait, devant le public, la confection mécanique des plumes à écrire, et qui a eu, auprès des nombreux visiteurs de l'Exposition, le plus vif succès. M. Millington, directeur de la fabrication des plumes, a reçu une médaille d'argent de collaborateur, et M. Debaillon, contremaître, une médaille de bronze.

La Manufacture française de porte-plume, de plumes et oeillets métalliques, ancienne maison G. Bac, avait une belle vitrine qui renfermait une collection des plus variées de porte-plume, porte-mine et portecrayons en tous genres et en métaux les plus divers : argent, simili-argent, aluminium, etc., des échantillons nombreux de plumes, des spécimens d'œillets métalliques émaillés et vernis de toutes couleurs, de chevilles en cuivre; enfin, toutes sortes d'objets estampés et emboutis complétaient cette remarquable exposition. M. Lapinte et M. Hoener, tous deux contremaîtres de cette maison ont obtenu, le premier, une médaille d'argent, et le second, une médaille de bronze.

MEUBLES ET LITS EN FER.

Nous trouvons en tête de cette industrie la maison Wessbecher, de Paris, qui avait une très belle et très intéressante exposition. On y remarquait des meubles de jardin en bois et fer, facilement démontables et transportables, très ingénieusement combinés et d'un prix de revient qui permet à M. Wessbecher de lutter avantageusement contre la concurrence étrangère; d'autres modèles plus luxueux, de formes élégantes et de

moderne style, y figuraient avec des meubles d'intérieur en fer, tels que lits, toilettes, lavabos, armoires et tous articles d'ameublement qui ont leur place naturellement indiquée dans les colonies, là où l'hygiène bien comprise interdit l'usage du bois. A côté de ces objets d'emploi courant, des meubles plus riches, dont la carcasse en tôle peinte et en cuivre verni était revêtue de plaquettes de bois d'essences diverses constituant ainsi un ameublement absolument nouveau et relativement luxueux, complétaient heureusement cette partie de l'exposition de M. Wessbecher.

L'industrie des meubles tout en fer est d'ailleurs une création de cet exposant. Sous le rapport de l'hygiène, du nettoyage facile et surtout de l'incombustibilité, ces meubles répondent aux desiderata formulés depuis longtemps par la marine de guerre. Aussi ont-ils été mis en service sur un grand nombre de cuirassés et de croiseurs de la flotte française et même de la flotte étrangère. M. Wessbecher est, en outre, un habile ferronnier d'art. Le pavillon qui abritait son exposition, dessiné, conçu et exécuté dans ses ateliers, était absolument remarquable comme forme, proportions et fini d'exécution. Les landiers qu'il présentait ainsi que les suspensions, lustres, flambeaux en fer forgé, en tôle découpée et repoussée étaient d'un goût parfait. Le procédé de polissage employé évite d'une façon très appréciable la rouille, qui est l'obstacle le plus sérieux contre l'emploi courant du fer poli. En résumé, M. Wessbecher a fait faire à son industrie un réel progrès, dont il convient de le féliciter. Cette remarquable exposition était mise hors concours par suite de la présence de M. Wessbecher parmi les membres du Jury de la Classe.

La maison Berl, à Paris, possède plusieurs usines où elle fabrique spécialement les lits en fer, les sommiers métalliques et élastiques, ainsi que les meubles en fer et en fer et bois. C'est une importante maison dont la fabrication est, à juste titre, réputée. Depuis 1893, elle a créé et importé en France l'industrie du lit en fer et fonte et tout en cuivre qui était jusque-là exclusivement pratiquée par l'Angleterre. Elle a, de plus, introduit dans ses procédés de travail des dispositions ingénieuses qui lui ont permis de réaliser de sérieuses améliorations, tant au point de vue du prix de revient qu'à celui de la qualité. Ses assemblages en fonte coulée en coquille remplaçant les assemblages de serrurerie et de forge sont aussi à mentionner. Il lui a été attribué une médaille d'or.

M. Pardon, à Paris, a obtenu une médaille d'argent pour ses lits en tubes émaillés ou laqués imitant le bois courbé. Il exposait aussi des sommiers métalliques à lames d'acier ou en tissus métalliques, des canapés-lits et des fauteuils-lits articulés.

M. Hebert, également à Paris, a reçu la même récompense pour ses lits en cuivre poli et verni et ses sommiers métalliques d'exécution soignée.

M. Royer, qui s'occupe de serrurerie et de constructions en fer, présentait des spécimens de bibliothèques tournantes, d'étagères démontables composées de montants tubulaires à rainures avec mortaises évidées recevant des supports à consoles. Des pupitres et des gradins mobiles complétaient son exposition. Tous ces objets sont combinés ingénieusement.

M. Conrad est un industriel parisien qui pratique la même industrie. Les modèles variés qu'il exposait étaient des mieux compris et également fort ingénieux.

Une médaille de bronze a été accordée à chacun de ces exposants.

MM. Ruchonnet et Guery, à Paris, qui ont reçu une mention honorable, font des guéridons et des sièges mobiles pour cafés et établissements analogues.

M. Campin-Cyr présentait un système de serre-joint destiné à remplacer les vis d'assemblage des lits et des meubles par sa facilité de montage et de démontage. Il a obtenu une médaille de bronze.

Sections étrangères. — L'industrie du meuble métallique était représentée dans la *Hongrie* par M. Buchwald, à Buda-Pest, qui avait aux Invalides une très belle exposition de meubles en fer et en cuivre, de lits en cuivre de formes élégantes et heureuses. Tous ces objets appréciés pour leur fini d'exécution ont valu à M. Buchwald une médaille d'or.

Dans la Section *italienne*, M. Catalano, à Palerme, et M. Zalaffi, à Sienne, offraient des lits en fer de construction ordinaire, dont les faces en tôle unie étaient vernies ou laquées et décorées suivant le goût du pays. Une mention honorable a été attribuée à chacun de ces exposants.

M. Barreto et M. Neves, tous deux à *Lisbonne*, exposaient, dans la section *portugaise*, le premier, des sommiers élastiques en fil d'archal; le second, des sommiers métalliques montés sur pied, de bonne fabrication. Ils ont, l'un et l'autre, reçu une médaille de bronze.

M. Salomon et M. Hornstein sont deux industriels *roumains* qui fabriquent des meubles et des lits en fer vernis et laqués. M. Salomon, qui présentait en même temps, des ustensiles de ménage et de cuisine, a obtenu une médaille d'argent, et M. Hornstein, une médaille de bronze.

Un autre exposant roumain, M. Caprari, a reçu une mention honorable pour ses sommiers métalliques.

SERRURERIE ARTISTIQUE. — FERRONNERIE D'ART.

Bien que la ferronnerie d'art soit davantage du ressort du Groupe XII, — décoration mobile des édifices et des maisons d'habitation, — la Classe 65 contenait cependant certaines expositions fort intéressantes et que nous ne saurions passer sous silence.

La maison Barbot et Thomas et la maison Bergerot, Schwartz et Meurer se trouvaient mises hors concours par suite des fonctions de juré exercées par M. Thomas, pour la première maison, et par M. Bergerot, pour la seconde. Les nombreux travaux d'art exécutés par ces deux importants établissements parisiens étaient représentés par des photographies permettant d'apprécier les qualités de forme, de dessin et d'exécution habituellement observées par chacune de ces deux maisons dans les travaux qui leur sont confiés.

MM. Genissieu et Cie (anciens ateliers de Neuilly), à Levallois-Perret (Seine), s'oc-

cupent de serrurerie d'art, de serrurerie de bâtiments et de constructions en fer. Ils font également du mobilier scolaire en fer et bois, ainsi que du matériel de lignes télégraphiques. Ils avaient exposé une grille moderne style d'heureuse conception. Ils ont obtenu une médaille d'or.

La même récompense a été attribuée à M. Clément Milinaire, à Paris, qui, comme les précédents exposants, fait de la serrurerie de bâtiments et de la construction métallique. Il présentait une grille en fers combinés tournés en spirale de son invention, des balcons en fer forgé et un spécimen en réduction d'un système de couverture en tôle unie et ondulée avec chéneaux en tôle d'acier.

Une médaille d'argent a été décernée à chacun des exposants suivants :

MM. Morel et Desbarres, à Paris, qui avaient installé un pavillon construit entièrement en fer, comportant des croisées en fers spéciaux avec une noix mobile de leur invention. Des balcons et des rampes en fer forgé, des ferrures de divers systèmes et toutes sortes de travaux de leur profession exécutés avec beaucoup de soin complétaient leur exposition.

L'Union des ouvriers serruriers, à Paris, présentait un très beau motif de rampe en fer forgé et en tôle repoussée au marteau, d'un beau dessin et remarquable par son fini d'exécution.

M. Tellier, à Lille, est un très habile forgeron qui exposait toute une collection de pièces forgées, motifs de balcons et de rampes, landiers et jardinières, panneaux de portes, consoles, ancres, poignées de portes, etc., d'un beau travail de forge et de ferronnerie d'art.

La maison Blairon et ses fils, à Charleville (Ardennes), avait construit une vitrine en forme de kiosque à pans, dont les colonnettes étaient composées de fers profilés et estampés. Cette vitrine contenait des échantillons variés d'ornements de grilles en fer et en acier également estampés, plus quelques échantillons de persiennes en fer.

M. Beaufils, au Mans (Sarthe), a obtenu une médaille de bronze pour sa rampe en fer forgé, ses landiers et ses chenets, ses consoles et ses panneaux de porte bien exécutés, mais dont le dessin laissait quelque peu à désirer. Il exposait aussi des volets métalliques et un modèle de serre en réduction.

Sections étrangères. — Les sections étrangères et notamment la *Hongrie* avaient d'intéressantes expositions de fers forgés.

Nous rencontrons dans la section *allemande* la maison Joly, à Wittenberg, qui construit des escaliers d'un système particulier. Le limon est composé de fers coudés en forme de bâtons rompus, superposés à leur point de jonction et évidés de trous ronds pour le passage des fuseaux ou chevilles qui les assemblent. Cette disposition est ingénieuse et rend le montage facile. L'escalier construit dans le pavillon des machines allemandes prêtait à critiques comme fini d'exécution. Une médaille de bronze a été attribuée à M. Joly.

Dans la section *autrichienne,* les Ateliers scolaires de la fondation de l'Empereur

François-Joseph, à Vaidhofen-sur-Ybbs, présentaient des travaux d'élèves. C'est une école professionnelle d'apprentis, et la durée des cours est de cinq années. Cet établissement a obtenu une médaille d'argent.

The Winslow brothers C°, à Chicago, qui avait exécuté la façade monumentale de la section des *États-Unis* dans le palais des mines et de la métallurgie, a été récompensée d'une médaille d'or pour les parties en fer forgé rentrant dans la composition de cette façade. Les motifs décoratifs principaux et notamment les colonnes étaient en bronze dit *électrique*. Les parties de ferronnerie étaient bien traitées et en harmonie avec l'ensemble.

La section *hongroise* comprenait la très belle exposition de M. Jungfer (Jules), à Buda-Pest. M. Jungfer, qui est un véritable artiste, a formé, en Hongrie, de nombreux élèves qui suivent les traditions de leur ancien maître. Il a contribué pour une large part au développement de la ferronnerie d'art, aujourd'hui si goûtée dans toute la Hongrie. Peut-être pourrait-on reprocher aux élèves de M. Jungfer une redondance et une surabondance de motifs qui, s'ils démontrent l'habileté de l'ouvrier, nuisent souvent au caractère de la composition. Quant à M. Jungfer, la ferronnerie d'art n'a plus de secret pour lui : la grande grille qu'il a exécutée d'après la composition de M. Alajos Haussmann, architecte professeur à l'Université, pour l'entrée principale du palais royal de Bude et qu'il exposait dans la Classe 65, est un superbe morceau de serrurerie artistique qui lui fait grand honneur. Les deux suspensions, les deux chandeliers et les autres objets en fer forgé qui complétaient son exposition sont non moins bien traités. Le Jury lui a attribué un grand prix.

M. Pader (Ferdinand), à Budapest, a obtenu une médaille d'or pour un treillis de porte ainsi que pour des ferrures de bonne conception et d'un travail soigné.

M. Pick, à Budapest, a reçu la même récompense pour un motif de rampe, une suspension pour lampe et une table. Le tout en fer forgé de très bon style.

Une médaille d'argent a été décernée aux exposants suivants :

M. Alpar, à Budapest, présentait deux panneaux en style roman et un motif de départ de rampe figurant un dragon.

M. Benkoczy, à Szeged, avait un lustre à quatre branches et vingt-quatre autres pièces d'ornements de table.

M. Demjen, à Kolozsvàr, des ferrures artistiques, des loquets, des cache-entrées et un grillage d'escalier.

M. Kónya, à Szeged, une porte grillée en style baroque.

Et M. Svaldo (François), à Budapest, déjà cité pour ses ferrures de bâtiment, présentait, en outre, des objets de ferronnerie d'art.

M. Piskur (Géza), à Pecs, a obtenu une médaille de bronze pour un meuble rococo en fer forgé et une table en fer forgé ornée de cuivre, d'exécution soignée, mais dont la composition laisse quelque peu à désirer.

Nous trouvons un exposant dans la section *italienne*, M. Pasquale Franci, à Sienne, auquel il a été décerné une médaille d'argent pour ses ouvrages artistiques en fer forgé d'un dessin soigné. Le repoussage et la forge sont bien exécutés.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Ses grilles de petites dimensions, ses flambeaux et ses lustres méritent d'être mentionnés.

Le pavillon du *Grand duché du Luxembourg* comprenait toute une façade de véranda, des balcons en fer forgé et une marquise construits par MM. Duhureau-Louvrie et Cie, à Luxembourg. C'est un travail de bonne exécution qui rentre dans la catégorie des travaux habituels de cette maison, à laquelle il a été attribué une médaille de bronze.

M. Galowich, chef d'atelier à l'École d'artisans de l'État, à Luxembourg, a reçu la même récompense pour un guéridon en bronze d'aluminium forgé et un cadre estampé habilement travaillé.

La section *roumaine* comprenait deux exposants : M. Weigel, à Bucarest, présentait des lustres en fer forgé, des landiers et autres articles de ferronnerie; il fabrique aussi des jalousies en fer.

Une médaille d'argent lui a été décernée.

M. Hang, à Bucarest, a obtenu une médaille de bronze pour des objets analogues.

Nous terminerons ce chapitre par certains articles de bâtiments qui n'ont pu, jusqu'à présent, trouver leur place dans l'une des divisions de ce rapport.

La maison Millet et Delacommune est des plus anciennes, et c'est aujourd'hui une des plus importantes entreprises parisiennes de couverture et de plomberie, d'assainissement et d'hygiène. Elle est réputée pour le soin et le fini qu'elle apporte dans l'exécution des travaux parfois délicats qui lui sont confiés. Elle avait exposé un spécimen de couverture en ardoise avec tous ses accessoires, membrons, chéneaux, arêtiers, et qui comportait des châssis d'un système particulier à cette maison. Ces châssis s'adaptent à tous les genres de couvertures, ils évitent les hausses et les pieds-droits et simplifient avantageusement les raccords des couvertures. Elle présentait, en outre, des échantillons de plomberie habilement exécutés. Cette intéressante exposition était mise hors concours en raison des fonctions de juré remplies par M. Millet dans la Classe de l'hygiène. Une médaille d'argent de collaborateur à été accordée à M. Briotet, directeur des études et de l'exécution des travaux, et une médaille de bronze à M. Lambert, second directeur dans cette maison.

La Société anonyme de galvanisation automatique, à Paris, possède une usine à Nouzon (Ardennes).

Par son procédé particulier de galvanisation qui consiste à amener horizontalement dans le bain de zinc les pièces à galvaniser, à l'aide d'une installation mécanique qui fonctionne automatiquement, la Société obtient une égalité d'épaisseur de la couche de zinc et une adhérence parfaite sur le métal. Cette disposition a, de plus, le grand avantage d'éviter aux ouvriers, qui n'ont plus à se tenir directement au-dessus du bain de zinc, de respirer constamment un air chargé de matières délétères, comme il existe malheureusement avec les anciens procédés. En raison des perfectionnements et de l'amélioration apportés à ses produits et à son outillage, il a été attribué une médaille d'argent à la Société.

M. Bally, à Paris, exposait des châssis à tabatières et des chemins de toitures en fer galvanisé. Les dormants des châssis sont bien combinés en vue d'empêcher l'infiltration des eaux pluviales; les crémaillères et les arrêts de fermetures sont pratiques et bien conçus. M. Bally a obtenu une médaille d'argent.

M. Coffin, à Paris, a reçu une médaille de bronze pour des produits analogues à ceux de M. Bally. Les différents modes d'arrêt de ces châssis sont ingénieux et pratiques à la fois. Il fait également de l'outillage et de la ferronnerie pour les plombiers et les couvreurs.

Sections étrangères. — Dans les sections étrangères, nous n'avons qu'un exposant à mentionner, c'est la maison Lessard et Harris, à *Montréal,* qui exposait un système de ventilateur pour bâtiments et pour lequel il lui a été accordé une mention honorable.

Notre examen détaillé des productions industrielles qui constituaient la Classe de la petite métallurgie, à l'Exposition de 1900, est terminé. L'ensemble était des plus remarquables et donnait une juste idée des progrès continus qui se sont réalisés durant ces dix dernières années. Pour plusieurs de ces industries, c'est une transformation complète qu'elles ont dû accomplir; mais toutes, sans exception, ont été forcées, pour ne pas rester en arrière, d'apporter d'importants perfectionnements à leur outillage industriel.

Si de cet examen il résulte que quelques nations étrangères ont brillé dans certaines spécialités de la petite métallurgie, il se dégage néanmoins cette conclusion, que notre pays n'est resté inférieur en quoi que ce soit à ses rivaux. Nous faut-il, au point de vue commercial, imiter l'exemple des États-Unis et de l'Allemagne, c'est-à-dire grouper les industries similaires sous une même direction, centraliser les efforts individuels pour les faire converger au même but? Nous répondrons volontiers par l'affirmative.

L'expérience faite jusqu'à ce jour paraît avoir réussi; et il nous semble que ces associations doivent donner d'heureux résultats, à la condition, toutefois, qu'elles soient dirigées par des hommes du métier, qui n'aient en vue d'autres bénéfices que ceux provenant uniquement de l'exploitation des établissements groupés et en écartant toute idée de spéculation hasardeuse.

Mais je ne voudrais pas m'éloigner davantage de ma mission qui se bornait à l'examen des produits exposés et à en faire ressortir les mérites. Dans cet ordre d'idées, ma tâche a été facile et laborieuse à la fois. Facile, parce que ces mérites apparaissaient d'eux-mêmes; laborieuse, en raison du nombre et de la diversité des produits présentés. Rendons, en finissant, un dernier hommage aux efforts individuels de tous ces fabricants au plus grand profit du développement de la petite métallurgie, au grand mouvement de progrès qui s'est opéré durant ces dix dernières années et que ce dernier concours est venu hautement affirmer.

TABLE DES MATIÈRES.

(Groupe XI. — Quatrième partie, classes 64 et 65.)

Classe 64. — Grosse métallurgie.

Pages.

CLASSE 64 ..... 1 à 472

Composition du Jury 3

Avant-Propos 5

Développement de la Sidérurgie de 1889 à 1899 7

Situation de la Sidérurgie dans les divers pays exposants 9

France 9

Indications générales sur les principales usines sidérurgiques françaises 16

Allemagne 53

Autriche 53

Bosnie-Herzégovine 54

Belgique 55

Chine et Corée 57

Espagne 58

États-Unis 59

Grande-Bretagne 64

Colonies britanniques 65

Hongrie 66

Italie 79

Japon 83

Grand-duché de Luxembourg 84

Mexique 86

Russie 86

Suède 101

Procédés et appareils métallurgiques :

Conditions générales de la fabrication de la fonte 111

Fabrication de la fonte au charbon de bois 127

Fabrication de la fonte au coke 133

Mélangeurs de fonte 177

Moulage de la fonte 179

Moulages en fonte trempée 192

Fabrication du fer et de l'acier soudés 196

Puddlage 199

Fabrication de l'acier fondu au creuset 209

Affinage au convertisseur 219

Procédés et appareils métallurgiques (suite) :

Exemples d'installations de convertisseurs acides 225
Exemples d'installations de convertisseurs basiques 229
Affinage sur sole 234
Exemples d'installations d'affinage sur sole acide 240
Exemples d'installations d'affinage sur sole basique 244
Production de lingots sans soufflures 254
Fabrication des moulages d'acier 257
Élaboration mécanique des lingots 265
Machines motrices de trains de laminoirs 272
Exemples de grandes installations de laminage 275
Fabrication de la tôle mince et du fer-blanc 289
Fabrication des plaques de blindage 292
Travail de grosse forge 297
Exemples de dispositions d'ateliers de grosse forge 300
Fabrication des bandages 309
Fabrication des tubes et des pièces embouties 310
Aciers spéciaux 320
Métallurgie du cuivre 335
Métallurgie du nickel 356
Alliages à base de cuivre, de nickel, etc 361
Élaboration du cuivre et de ses alliages 363
Métallurgie du plomb 372
Élaboration du plomb et fabrication de ses dérivés 379
Métallurgie du zinc 383
Alliages à base de zinc 398
Métallurgie de l'aluminium 400
Alliages à base d'aluminium 410
Emploi de l'aluminium comme réducteur 412
Métallurgie de l'étain 415
Métallurgie de l'antimoine 416
Élimination de l'arsenic et de l'antimoine des minerais complexes 422
Métallurgie du mercure 424
Éxtraction des métaux précieux 437
Traitement des cendres d'orfèvres 441
Élaboration préparatoire des métaux précieux 443
Outillage des usines métallurgiques 444
Produits réfractaires 457

Résumé 472

Classe 65. — Petite métallurgie.

CLASSE 65 ..... 475 à 571

Composition du Jury 475

Exposé préliminaire 477

Classement des produits 481

I. Fonderie 481
II. Pièces de forges. — Boulonnerie et visserie. — Chaînerie 494
III. Tréfilerie et industries qui en dérivent 503
IV. Taillanderie, outils divers 518
V. Quincaillerie. — Serrurerie 526
VI. Coffres-forts 534
VII. Fermetures métalliques 539
VIII. Chaudronnerie 541
IX. Robinetterie 544
X. Ferblanterie. — Ustensiles de ménage 548
XI. Métaux précieux 561
XII. Métaux ouvrés divers 565

Imprimerie nationale. — 7876-03.

Special
93-B10198
v. 11, pt. 4

THE GETTY CENTER
LIBRARY